

REPUBLIQUE ALGERENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عمار ثلجي

UNIVERSITE AMMAR THELIDJI

كلية العلوم

FACULTE DE SCIENCES

قسم البيولوجيا

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Science biologiques

Option : Biochimie appliquée

THEME

**Evaluation de l'activité antifongique de quelques
extraits d'origine végétale (plantes locales)**

Présenté par :

BENTOUATI Rihab

HADDOUDI Aya

BRAGUE Khadidja

Devant le jury :

Président : OUINTEN Mohammed

Examineur : MESSAOUDI Omar

Rapporteur : ELHOUITI Fatiha

Co-Rapporteur : ZEGRIR Anfal

Professeur (Université Amar Téliidji, Laghouat)

MCA (Université Amar Téliidji, Laghouat)

MCA (Université Amar Téliidji, Laghouat)

Doctorante

Soutenu publiquement le 03/07/2024

Résumés :

Les plantes médicinales offrent une variété de métabolites secondaires, qui ont une utilisation commerciale dans les secteurs pharmaceutique et biomédical.

L'objectif de cette étude consiste à examiner l'efficacité antifongique des extraits de plantes médicinales du genre *Helianthemum* (*Helianthemum lippii*, *Helianthemum virgatum*) provenant de la région de Gultats Sidi Saâd dans la wilaya de Laghouat.

Les extraits des deux plantes ont été obtenus à l'aide de Soxhlet et leur activité antifongique a été testée contre trois souches de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum* et *Fusarium graminearum*) en utilisant la méthode de contact direct. Les différentes concentrations de nos extraits végétaux ont été utilisées pour tester ces souches sur un milieu PDA amende. Après sept jours d'incubation, les taux d'inhibition étaient de 3 % pour la concentration 10 µl/ml, 5 % pour la concentration 15 µl/ml et 39 % pour la concentration 30 µl/ml. L'augmentation de la concentration de l'extrait a entraîné une augmentation des taux d'inhibition de la croissance mycélienne. L'extrait végétal présentait une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 30µl/mL sur la croissance mycélienne. Ces extraits de plantes ont démontré leur efficacité contre certaines espèces de *Fusarium*. Ils auraient donc la capacité d'être employés comme des fongicides.

Mots clés : *Helianthemum lippii*, *Helianthemum virgatum*, extrait hexanique, extrait acétate d'éthyle, activité antifongique, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*.

Abstract :

Medicinal plants offer a variety of secondary metabolites, which have commercial use in the pharmaceutical and biomedical sectors.

The aim of this study was to examine the antifungal efficacy of extracts from medicinal plants of the *Helianthemum* genus (*Helianthemum lippii*, *Helianthemum virgatum*) from the Gultats Sidi Saâd region in the wilaya of Laghouat.

Extracts from both plants were obtained using Soxhlet and their antifungal activity was tested against three strains of *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum*) using the direct contact method. Different concentrations of our plant extracts were used to test these strains on a fine PDA medium. After seven days of incubation, inhibition rates were 3% for the 10 µl/ml concentration, 5% for the 15 µl/ml concentration and 39% for the 30 µl/ml concentration. Increasing the concentration of the extract resulted in an increase in mycelial growth inhibition rates. The plant extract had a minimum inhibitory concentration (MIC) of 30µl/mL on mycelial growth. These plant extracts have been shown to be effective against certain species of *Fusarium*. They could therefore be used as fungicides.

Keywords: *Helianthemum lippii*, *Helianthemum virgatum*, hexane extract, acetate extract, activity antifungl, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*.

الملخص

تقدم النباتات الطبية مجموعة متنوعة من المركبات الثانوية التي تستخدم تجارياً في قطاعي الأدوية والطب الحيوي.

كان الهدف من هذه الدراسة هو فحص الفعالية المضادة للفطريات لمستخلصات نباتات طبية من جنس هيليانثيموم (هيليانثيم لبيي وهيليانثيم فيرجاتوم) من منطقة قلعة سيدي سعد بولاية الأغواط. تم الحصول على مستخلصات من كلا النباتين باستخدام سوكسليت وتم اختبار نشاطها المضاد للفطريات ضد ثلاث سلالات من الفيوزاريوم (فيوزاريوم أوكسيبوروم وفيوزاريوم كولموروم وفيوزاريوم جرامينيروم) باستخدام طريقة التلامس المباشر.

ولهذا الغرض استُخدمت تركيزات مختلفة من مستخلصاتنا النباتية لاختبار هذه السلالات على وسط PDA . وبعد سبعة أيام من الحضانة، بلغت معدلات التثبيط 3% لتركيز 10 ميكرو لتر/مل و5% لتركيز 15 ميكرو لتر/مل و39% لتركيز 30 ميكرو لتر/مل. أدت زيادة تركيز المستخلص إلى زيادة معدلات تثبيط نمو الفطريات. كان للمستخلص النباتي حد أدنى للتركيز المثبط (MIC) قدره 30 ميكرو لتر/مل على نمو الفطريات. ثبت أن هذه المستخلصات النباتية فعالة ضد أنواع معينة من الفيوزاريوم. وبالتالي يمكن استخدامها كمبيدات للفطريات.

الكلمات المفتاحية: هيليانثيموم لبيي، هيليانثيموم فيرجاتوم، مستخلص الهكسان، مستخلص الأسيتات، نشاط مضاد للفطريات، فيوزاريوم أوكسيبوروم، فيوزاريوم كولموروم، فيوزاريوم جرامينيروم.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail...

- *A ma très chère mère*

Qui représente pour moi la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

- *A mon père*

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement, et le respect que j'ai toujours eu pour lui Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices qui ont consentis pour mon éducation et ma formation.

- *A mes très chères sœurs*

Kholoud et Inas Je leur souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite. J'exprime ainsi mes sentiments de fraternité et d'amour.

- *A mes chers frères*

Dyaa eldine et Djalal eldine pour leur encouragement permanent et leur soutien moral.

A toute ma famille Mes tantes, mes oncles ainsi que mes cousins et cousines.

BENTOUATI Rihab



Dédicace

Dieu soit loué, qui m'a permis d'accomplir ce travail, et j'espère qu'il sera sincère pour son visage honorable mon dévouement ne sera qu'une gratitude envers ceux qui ont eu le mérite de ce que j'ai atteint, soit après:

- **A mon père Larbi**

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de consentir durant toutes les phases de mon parcours scolaire et particulièrement l'étape universitaire. Vous avez fait plus qu'aucun père n'a fait pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et réussissent dans leurs études.

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond respect et amour ; puisse Dieu vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

- **A ma mère Nacira**

Tu représentes pour moi la bonté extrême, le symbole de tendresse et l'exemple parfait du dévouement sans faille qui m'a toujours accompagnée. Tes prières et ta bénédiction m'ont mené là où je suis arrivée aujourd'hui. Jamais je ne te remercierais assez, que Dieu prolonge sa vie ma chère maman.

- **A mes sœurs Narimane, Ferial, Sarah.**

Vous êtes mes anges gardiens et mes fidèles compagnons dans les moments les plus délicats de cette vie. Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

- **A mes neveux Anas, Yazen, Adem, Arkan et le petit Ayan.**

Ecrire ne suffit pas à décrire combien je t'aime. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de réussite.

C'est le succès de ma mère et de mon père. Je ne suis qu'un moyen.

A tous ceux qui ont cru en moi

Haddoudi Aya



Dédicaces

*Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mon père disparu
trop tôt ALI BRAGUE*

*Ma chère maman TOUMIA HAMRI qui n'a jamais cessé de ménager ses
efforts pour que j'atteigne ce niveau.*

À mes chers Frères et mes Sœur

*Spéciale dédicace à mon âme sœur RIHAB HASSIN, qui depuis des années
m'encourage, me comprend et a toujours été à mes côtés*

*À mes amis et mes collègues AYA et RIHAB, qui a partagé la difficulté de ce
travail*

*Merci pour vos conseils, votre soutien, vos encouragements et surtout vos
bénédictions et votre amour.*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du
secondaire ou de l'enseignement supérieur*

A tous ceux qui ont cru en moi

BRAGUE KHADIDJA



Remerciement

Avant tous Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

*Nos vifs remerciements vont pour **Mme. EL HOUITI Fatiha** enseignante à l'université de Laghouat pour nous avoir encadré, soutenu, et fait confiance tout au long de ce travail. Merci de nous avoir permis de travailler à votre côté et de nous avoir fait partager votre savoir-faire scientifique. Et remercions notre Co-encadreur **ZEGRIR Anfal** Pour ses conseils et ses efforts avec nous, sans oublier M^{elle} **AISSAOUI Abir** pour son aide et ses instructions et sa gentillesse.*

*Un grand merci au Professeur **Yousfi Mohamed**, Directeur du Laboratoire des Sciences Fondamentales à l'Université de Laghouat, pour nous avoir accueilli dans son laboratoire.*

*Nous remercions infiniment les **membres de jury** d'avoir accepté de juger et évaluer notre travail de bonnes conditions.*

En même temps, nous voudrions également exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation. Nous remercions également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

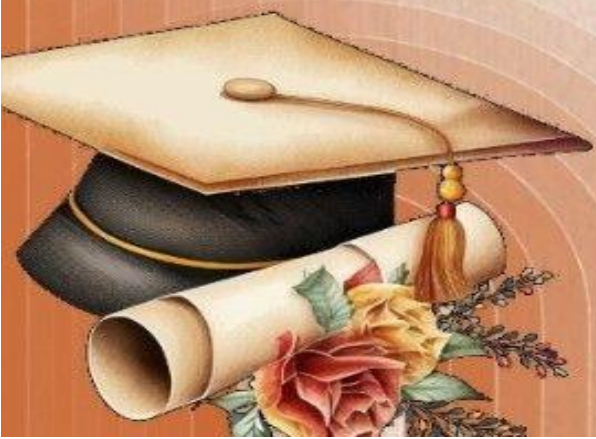


Table de matière

Liste des Tableaux	I
Liste des figures	II
Abréviations	III
Introduction	2
I.1. Le Genre <i>Helianthemum</i> :	5
I-1.1. Généralité :	5
I-1.2. Position systématique du genre <i>Helianthemum</i> :	6
I-1.3. Travaux antérieurs :	7
I.2.Métabolites secondaires	8
I-2.1. Généralité	8
I-2.2. Classification des métabolites secondaires :	8
I-2.2.1. Les composés phénoliques :	9
I-2.2.2. Les alcaloïdes :.....	11
I-2.2.3. Les terpénoïdes :	12
I.3. Généralités sur les champignons phytopathogènes :	13
I.4.Activité antifongique :	14
II-1. Matériel :	16
II-1.1. Matériel Végétale :.....	16
II-1.1.1. Collecte et Méthode d'extraction :	16
II- 1.1.2. Description botanique de la plante :.....	16
II-1.1.2.1. <i>Helianthemum lippii</i> :	16
II-1.1.2.2. <i>Helianthemum virgatum</i> :	17
II-1.1.3. Répartition géographique :	18
II-1.2. Matériel fongiques sélectionnés :.....	19
II-1.2.1 <i>Fusarium graminearum</i> :.....	21
II-1.2.2 <i>Fusarium culmorum</i> :	21
II-1.2.3. <i>F. oxysporum</i> :	22
II.2. Méthode expérimentale :	24
II.2.1. Évaluation de l'activité antifongique par la méthode de contact direct :.....	24
II.2.1.1. Préparation de milieu de culture :	24
II.2.1.2. Préparations les souches fongiques	24
II.2.1.3 Mode opératoire :	24
III. Résultats et discussions:	28

Liste des Tableaux

Tableau 1: classification botanique du genre <i>Helianthemum</i> (Michel,2010).....	6
Tableau 2: le nom vernaculaire des deux espèces (Medjahdi,2010, Atef <i>et al.</i> ,2015).....	7
Tableau 3: travaux antérieurs des plantes <i>H. lippii</i> et <i>H.virgatum</i>	7
Tableau 4: classification des composés phénoliques (Lattanzio,2013).....	9
Tableau 5:classification des terpènes (Campos-Vega &Oomah,2013).....	12
Tableau 6: les codes des souches fongiques	23

Liste des figures

Figure 1: distribution de <i>Helianthemum</i> dans le monde(Rivas-Martinez,1979)	6
Figure 2: classification des métabolites secondaires(Tiwari &Rana,2015).....	9
Figure 3: structure chimique de colchicine(Alkadi <i>et al.</i> ,2018)	11
Figure 4: structure chimique de caféine(Djama & Karour, 2020(Djama &Karour,2020). .	12
Figure 5 : quelques photos sur <i>Helianthemum lippii</i>	17
Figure 6 : photos sur <i>Helianthemum virgatum</i>	18
Figure 7: Répartition de deux plantes <i>Helianthemum lippii</i> et <i>Helianthemum virgatum</i> (originale).	19
Figure 8: caractères morphologiques des <i>Fusarium</i> .(Elhouiti, 2018)	20
Figure 9: le <i>Fusarium graminearum</i>	21
Figure 10: le <i>Fusarium culmorum</i>	22
Figure 11: caractérisation macro et microscopique de trois espèces du genre <i>Fusarium</i> (fop , fg, fc)(Fonseca-Guerra <i>et al.</i> ,2022)	23
Figure 12: schéma représentatif le mode opératoire (originale)	25
Figure 13: la cinétique de la croissance mycélienne de trois souches en fonction du temps et en présence de différentes concentrations des extraits (acétate ; à gauche, hexane ; à droite) de <i>Helianthemum virgatum</i>	29
Figure 14: l'effet des extraits de <i>H. virgatum</i> sur la croissance mycélienne de souche Fop en présence différentes concentrations.	30
Figure 15: l'effet des extraits de <i>H. virgatum</i> sur la croissance mycélienne de souche T7 en présence différentes concentration.	31
Figure 16: l'effet d'extrait acétate de <i>H. virgatum</i> sur la croissance mycélienne de souche 812 en présence différentes concentrations.	31
Figure 17: la cinétique de la croissance mycélienne de trois souches en fonction du temps et en présence de différentes concentrations des extraits (acétate ; à gauche, hexane ; à droite) de <i>H. lippii</i>	32
Figure 18: l'effet des extraits de <i>H. lippii</i> sur la croissance mycélienne de la souche Fop en présence différentes concentrations.....	33
Figure 19: l'effet des extraits de <i>H. lippii</i> sur la croissance mycélienne de souche T7 en présence différentes concentration.	34
Figure 20: l'effet des extraits de <i>H. lippii</i> sur la croissance mycélienne de souche 812 en présence différentes concentration.	34
Figure 21: taux d'inhibition de trois souche vis-à-vis différentes concentration des deux extraits de <i>H. virgatum</i>	35
Figure 22: taux d'inhibition de trois souches vis-à-vis de différentes concentrations des deux extraits <i>H. lippii</i>	36

Abréviations

A

Acét : acétate

C

CP : composé phénolique

CMI : Concentration minimale inhibitrice

°C : degré Celsius

D

D : Diamètre

F

F : *Fusarium*

Fc: *Fusarium culmorum*

Fg: *Fusarium graminearum*

FOP: *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*

H

Hex: hexane

H: Helianthemum

Hl: Helianthemum lippii

Hv: Helianthemum virgatum

G

g : gramme

I

I% : taux d'inhibition

IPP : isopenthyldiphosphate

J

J : Jour

M

Min : Minute

MeOH : Methanol

ml : millilitre

mg : milligramme

µl : microlitre

MS : Métabolite secondaire

Mm : millimètre

O

OMS : Organisation Mondiale de la santé

P

PDA : Potato Dextrose Agar

PPM : partie par million

% : pourcentage



Introduction

Introduction

Les plantes médicinales jouent un rôle essentiel dans la vie de l'homme depuis des millénaires. Elles sont utilisées non seulement comme source d'alimentation, mais aussi pour leurs propriétés médicinales bénéfiques pour la santé humaine, animale et végétale (Bouafia et *al.*, 2007). Elles constituent un groupe numériquement vaste de plantes économiquement importantes. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), près de 6377 espèces de plantes sont utilisées en Afrique, dont plus de 4000 sont des plantes médicinales, ce qui constitue 60 % de la médecine traditionnelle en Afrique (Hammoudi, 2015).

Les plantes médicinales sont capables de produire des substances naturelles ; parmi ces composés, on retrouve essentiellement les métabolites primaires et secondaires (Macheix et *al.*, 2005 ; Chaouche, 2014).

Les MS sont des composés à structure chimique souvent complexe, très dispersés et très différents selon les espèces. Ces composés sont largement utilisés en thérapeutique comme vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants, antibactériens, antifongiques et biopesticides... etc.

L'activité antifongique des métabolites secondaires est une propriété importante qui peut être exploitée dans divers domaines, notamment en agriculture, en médecine et en industrie. Les métabolites secondaires peuvent agir comme agent naturel de défense contre les agents pathogènes fongiques notamment les champignons phytopathogènes. (Soro et *al.*, 2012)

La fusariose est une maladie responsable du flétrissement ou de la pourriture des racines et des collets des plantes, dans certains cas, surtout chez les plantes céréalières. Les espèces du genre *Fusarium* représentent un danger pour l'homme, l'animal et le végétal. Leur danger résulte des dégâts qui peuvent toucher les produits agricoles et les denrées alimentaires. Ce sont des champignons infectant principalement le blé et le maïs et la tomate... etc. Ces champignons peuvent provoquer des diminutions du rendement des cultures et la production de mycotoxines qui sont toxiques pour l'homme et les animaux. (Soro et *al.*, 2012)

Les fongicides sont des produits chimiques qui possèdent des mauvais effets pour la santé humaine en raison de leurs toxicités. Leur utilisation peut également avoir des

conséquences graves sur l'environnement. Les substances et les molécules issues de leur dégradation peuvent se retrouver dans l'eau et le sol, l'air, les sédiments... et aussi les aliments présentant des dangers pour l'homme et l'écosystème (Djelailia Sabrina, 2023).

Les recherches des moyens de limitation des maladies cryptogamiques sans l'utilisation des fongicides dangereux, à cet effet, de nombreux travaux récents se sont penchés sur la recherche santé humaine et de l'environnement, leur utilisation peut offrir des alternatives aux pesticides chimiques.

Notre travail a pour objectif d'évaluer l'activité antifongique des extraits de la partie aérienne de *Helianthemum lippii* et des feuilles, fruits, fleurs de *Helianthemum virgatum* collectées des régions de Guelttat sidi saâd de Laghouat contre trois souches fongiques du genre *Fusarium* (*Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*).

Notre travail est divisé en trois parties :

- **Partie I** : la synthèse bibliographique concernant des généralités sur le genre *Helianthemum* et sa position systématique et quelques travaux antérieurs des plantes étudiées, métabolite secondaire, les champignons phytopathogènes et l'activité antifongique.
- **Partie II** : la collecte et la description et répartition géographique des plantes étudiées, généralités sur les souches sélectionnées et l'étude de l'activité antifongique par la méthode de contact direct.
- **Partie III** : La présentation de l'ensemble des résultats obtenus et des discussions qui en découlent

Ce manuscrit est achevé par une conclusion générale qui résumera l'ensemble de ces résultats.



Etude

Bibliographique

I.1. Le Genre *Helianthemum* :

I-1.1. Généralité :

Le genre *Helianthemum* est constitué d'environ 110 espèces, c'est de la famille des Cistacées, plantes dicotylédones halophiles (Allen, 2009). Sont des originaires du bassin méditerranéen d'Asie occidentale (Palestine, Irak, nord Arabie), d'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie, Égypte, Lybie, Maroc), d'Europe (sud Italie, France) et secondairement des Amériques. **Figure 1** : Ils sont principalement répartis dans les zones tempérées de l'hémisphère nord (Kubitzki et Bayer, 2003), et ce genre, encore assez bien représenté dans le Sahara septentrional, fait presque défaut dans le Sahara méridional et occidental où il n'est représenté que par *H. Lippii* (Ozenda, 1977).

Les *Helianthemum* sont des arbustes ou des sous-arbrisseaux persistants, souvent très petits, plus rarement des plantes herbacées annuelles ou vivaces, aux feuilles basales opposées et décussées, les caulinaires alternes, stipulées ou extipulées simples ou entières. Les fleurs actinomorphes et bisexuées, colorées en jaune et rarement en rose ou en blanc. Portant 5 sépales dont deux plus petits, 5 pétales qui tombent très vite après la floraison, de nombreuses étamines, un ovaire formé de 3 carpelles soudés et coiffé d'un style unique coude. Les fruits sont des capsules trigones (Quézel et Santa, 1963).

La plupart des membres de ce genre sont très parfumés et ont une odeur douce, faisant de cette flore un élément bien appréciable en industrie des parfums et dans les usages ornementaux. En outre, ces espèces peuvent s'adapter facilement aux incendies, permettant d'y repeupler rapidement dans la saison suivante (Ferandis et *al.*, 1999).

Selon (Zitouni, 2016), la truffe du désert (terfez) établit écologiquement une association symbiotique mycorhizienne avec les racines de plante hôte du genre *Helianthemum*.

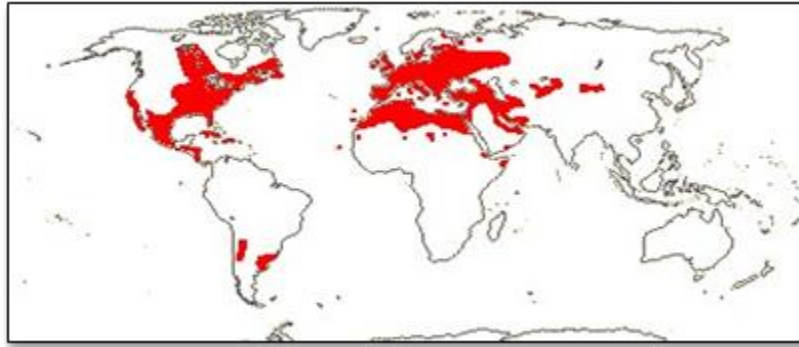


Figure 1: distribution de *Helianthemum* dans le monde(Rivas-Martinez,1979)

I-1.2. Position systématique du genre *Helianthemum* :

Parmi les 110 des espèces du genre *Helianthemum*, on trouve notamment *Helianthemum lippii* et *Helianthemum virgatum*.

Tableau 1: classification botanique du genre *Helianthemum* (Michel,2010)

Règne	<i>Plante</i>
Division	<i>Spermaphytes</i>
Classe	<i>Eudicots ou Eudicotylédones</i>
Ordre	<i>Malvales</i>
Famille	<i>Cistacées</i>
Genre	<i>Helianthemum</i>
Espèce	<i>Helianthemum lippii</i> <i>Helianthemum virgatum</i>

Tableau 2: le nom vernaculaire des deux espèces (Medjahdi,2010, Atef *et al.*,2015).

L'espèce	Le nom vernaculaire
<i>Helianthemum lippii</i>	• Reguig, Alrkaroq, AlSamhari, الرقيق
<i>Helianthemum virgatum</i>	• Rocailles

I-1.3. Travaux antérieurs :

Le genre *Helianthemum* a suscité de nombreuses recherches scientifiques en raison de son importance médicinale. Plusieurs chercheurs se sont intéressés aux plantes *H. lippii* et *H. virgatum*, étudiant et extraissant les composés bioactifs de ces deux plantes pour en déterminer les activités biologiques et la régénération. **Le tableau 3** présente les travaux principaux de deux plantes.

Tableau 3: travaux antérieurs des plantes *H. lippii* et *H.virgatum*

Medicinal, Pharmacological and Biochemical Progress on the Study of Genus <i>Helianthemum</i> .	(Mouffouk <i>et al.</i> ,2023)
<i>Helianthemum virgatum</i> has analgesic-like effect in Mice.	(Alzetrini <i>et al.</i> ,2009)
In vitro micropropagation of <i>Helianthemum lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i> (Cistaceae).	(Amina <i>et al.</i> ,2012)
Mycorrhizal association between the desert truffle <i>Terfezia boudieri</i> and <i>Helianthemum sessiliflorum</i> alters plant physiology and fitness to arid conditions.	(Turgeman <i>et al.</i> ,2011)
Phytochemical-rich extracts of <i>Helianthemum lippii</i> possess antimicrobial, anticancer, and antibiofilm activities	(Plescica <i>et al.</i> ,2022)
Anti-viral and anti-inflammatory activity of phenolics from <i>Helianthemum lippii</i>	Korinek <i>et al.</i> ,2023
Lethal Effects of <i>Helianthemum lippii</i> (L.) on <i>Acanthamoeba castellanii</i> Cysts <i>in Vitro</i>	(Badria <i>et al.</i> ,2014)
Enzymes Inhibition and Antioxidant Potential of Medicinal Plants Growing in Oman	(Rehman <i>et al.</i> ,2022)

Phytochemical, anti-oxidant, anti-microbial, anti-inflammatory and anti-ulcer properties of <i>Helianthemum lippii</i> .	(Alsabri <i>et al.</i> ,2013)
Characterization of ethyl acetate and n-butanol extracts of <i>Cymbopogon schoenanthus</i> and <i>Helianthemum lippii</i> and their effect on the smooth muscle of the rat distal colon	(Djemam <i>et al.</i> ,2020)
Micropropagation of <i>Helianthemum lippii</i> L.var <i>sessifolium</i>	(Salih <i>et al.</i> ,2019)
Cytotoxic activity of <i>Helianthemum Lippii</i>	(Bensaber <i>et al.</i> ,2014)
Effect of Pre-germination treatments on Seed Germination of <i>Helianthemum lippii</i>	(Zaman <i>et al.</i> ,2009)

I.2.Métabolites secondaires

I-2.1. Généralité

Les métabolites secondaires sont des substances phytochimiques produites par les plantes et qui ne participent pas directement au métabolisme végétal, à la différence des métabolites primaires (protéines, lipides, glucides). Ces métabolites ne jouent pas un rôle essentiel dans la survie de la plante, mais ils jouent des fonctions écologiques telles que la protection contre les herbivores et les parasitiques. (Yang *et al.*, 2018, Zaynab *et al.*, 2018).

Et également l'attraction des pollinisateurs, ainsi que dans l'inhibition de la croissance d'autres plantes (allélopathie)... etc. S'il reste encore à déterminer leur rôle écologique, leur utilisation par l'homme dans de nombreuses préparations thérapeutiques est très répandue. La pharmacognosie désigne de manière étymologique la compréhension (gnosis) des poisons d'origine naturelle. Parfois, ces substances toxiques ont des propriétés médicamenteuses à faible dose et peuvent être employées à des fins thérapeutiques (Krief, 2003).

I-2.2. Classification des métabolites secondaires :

les métabolite secondaires sont classés en fonctions de leur structure chimique en trois groupes majeurs **figure2** (Elshafie *et al.*,2023)

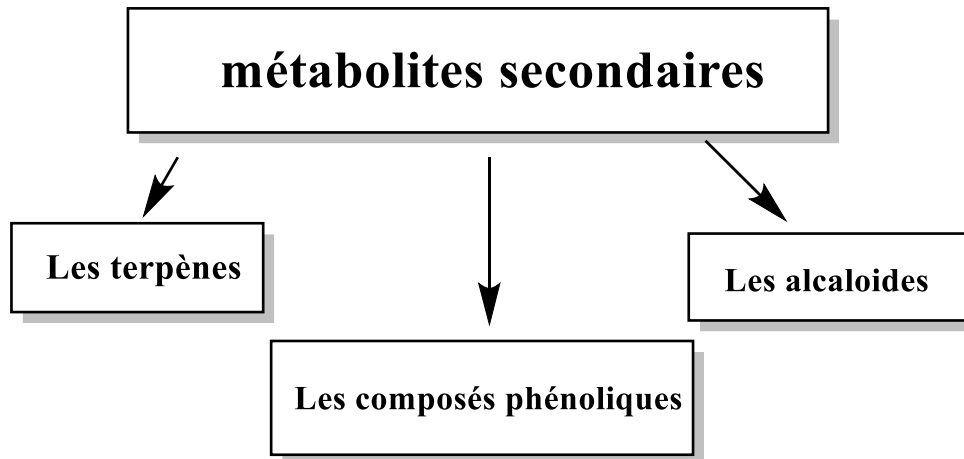
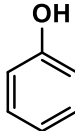
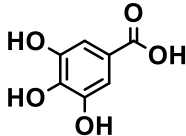


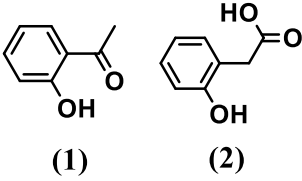
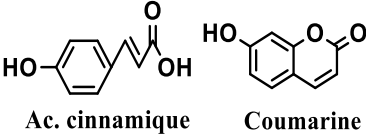
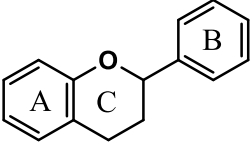
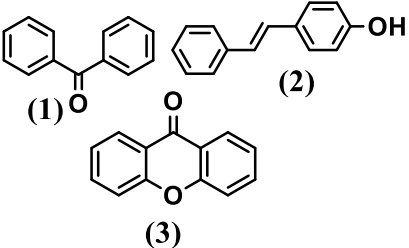
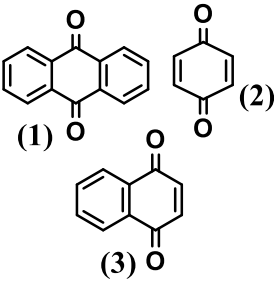
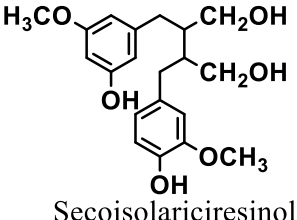
Figure 2: classification des métabolites secondaires(Tiwari et Rana,2015)

I-2.2.1. Les composés phénoliques :

Les CP sont des composés végétaux secondaires qui se distinguent par la présence de groupements phénoliques comprenant des cycles aromatiques (cycle benzène), avec un ou plusieurs groupes hydroxyles. Ils sont classés en différentes catégories telles que les acides phénoliques, les tanins, les flavonoïdes, les lignanes et d'autres composés provenant de la voie de l'acide shikimique. (Vermerris et Nicholson, 2007) et l'acide acétique par voie orale (Babenko et *al.*,2019). Les plantes vasculaires renferment des composés phénoliques qui peuvent être trouvés dans toutes les parties des végétaux (racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits et graines) (Tanase et *al.*, 2019).

Tableau 4: classification des composés phénoliques (Lattanzio,2013)

Squelette	Classe	Structure
C_6	Phénol simple	
C_6-C_1	Acide phénolique	 Acide gallique

C_6-C_2	(1) Hydroxy-acétophénone (2) Hydroxyphénylacideacétique	 <p>(1) (2)</p>
C_6-C_3	Acide cinnamique Coumarine	 <p>Ac. cinnamique Coumarine</p>
C_{15}	Flavonoïdes	
$C_6-C_1-C_6$ $C_6-C_2-C_6$	(1) Benzophénone (2) Stilbéne (3) Xanthone	 <p>(1) (2) (3)</p>
C_{10}, C_6, C_{14}	(1) Anthraquinone (2) Benzoquinone (3) Naphtoquinone	 <p>(1) (2) (3)</p>
$(C_6-C_3)_2$	Lignane (dimère ou oligomère)	 <p>Secoisolariciresinol</p>
$(C_6-C_3-C_6)_n$ Polymère oligomère	Tanins (hydrolysable et non hydrolysable)	Non hydrolysable (polymères d'unités flavonoïdes), hydrolysable (sucre+N° variable AC phénolique)

I-2.2.2. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des composés naturels hétérocyclique qui contiennent de l'azote et basiques, on les trouve en tant que métabolites secondaires principalement chez les végétaux, les champignons et quelques animaux. Ils sont connus par leurs propriétés pharmacologiques souvent efficaces à faible dose et sont très toxique à forte dose (Roy,2017).

Les plantes produisent environ 12000 alcaloïdes différents qui peuvent être organisés en groupes, on distingue généralement trois types (Facchini,2001) :

- **Les proto-alcaloïdes :**

L'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique. Ils sont élaborés à partir d'acides aminés exp : **Colchicine**

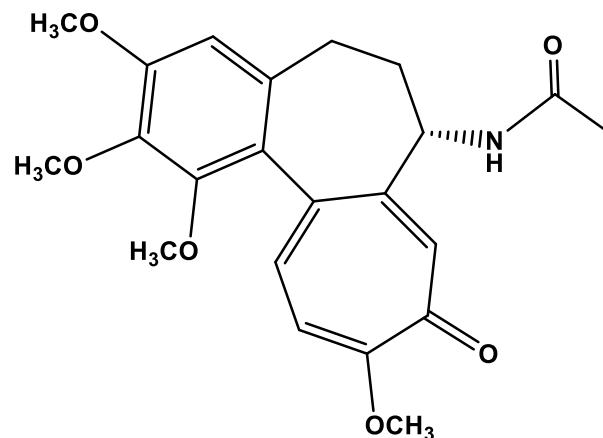


Figure 3: structure chimique de colchicine(Alkadi et *al.*,2018)

- **Les pseudo-alcaloïdes :**

Ils représentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas dérivés des acides aminés exp : **Caféine**

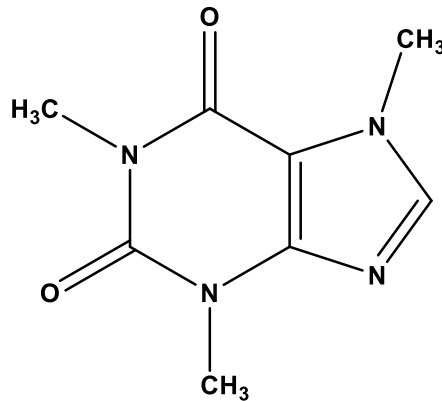


Figure 4: structure chimique de caféine(Djama et Karour,2020).

- **Les alcaloïdes vrais :**

Ils comportent un atome d'azote dans système hétérocyclique et biosynthétiquement formés à partir d'un acide aminé exp : **Quinine**

I-2.2.3. Les terpénoïdes :

Les terpénoïdes ou les terpènes sont une vaste classe de composés organiques présents dans de nombreuses plantes. Ils sont appelés isoprénoïdes parce qu'ils dérivent de l'isoprène (C5). Ces terpènes jouent un rôle essentiel dans la biosynthèse de différentes molécules à partir du précurseur l'isopentényldiphosphate (IPP) et sont responsables de l'arôme caractéristique des plantes. Les terpènes sont largement utilisés dans l'industrie des productions de parfums, d'arômes alimentaires et de produits de beauté (Mabou et Yossa, 2021).

Les terpénoïdes sont répartis dans différentes classes selon le nombre d'atomes de carbone : (C5) hémiterpénoïdes, (C10) monoterpénoïdes, (C15) sesquiterpénoïdes, (C20) diterpénoïdes, (C30) triterpénoïdes, (C40) tétraterpénoïdes, (>C40) polyterpénoïdes

Tableau 5:classification des terpènes (Campos-Vega et Oomah,2013)

Nombre de carbone	Classe	Exemples
5C	Hémiterpènes	Prénol
10C	Monoterpènes	Menthol, pinène

15C	Sesquiterpènes	Farnésol, cadinène
20C	Diterpènes	Phytol,
30C	Triterpènes	Squalène
40C	Tétraterpènes	Carotène
>40C	Polyterpènes	Caoutchouc

I.3. Généralités sur les champignons phytopathogènes :

Les premiers organismes phytopathogènes ont été identifiés sont les champignons. Ils causent de nombreuses maladies de feuilles, de racines, de fruits ou des maladies systématiques qui entraînent des dépérissements répandus.

Les spores qui y ont germé et qui ont ensuite pénétré les tissus de la plante par les stomates, les blessures ou parfois même directement à travers la peau de la plante sont souvent à l'origine d'une infection fongique. Les filaments mycéliens s'étendent dans les tissus, où ils extraient les nutriments et libèrent des substances toxiques pour la plante (Naika et *al.*, 2005).

Selon Fletcher et *al.* (2006) et Abdel-Kader et *al.* (2012), les champignons phytopathogènes sont réputés pour causer de nombreuses maladies de plantes et des pertes de rendement pour de nombreuses récoltes économiquement importantes. Dans le domaine de l'agriculture, environ 20 % des rendements annuels sont perdus en raison principalement des maladies fongiques (Rukhsana Bajwa et *al.*, 2004).

La présence et le développement de champignons microscopiques dans l'organisme sont responsables des mycoses, qui sont des maladies infectieuses (Dupont, 2002, Develoux et *al.*, 2003, Deve-loux et Bretagne, 2005).

De nombreuses maladies qui touchent les cultures sont causées par les *Fusarium*, les *Aspergillus*, les *Penicillium* et les *Alternaria*. Ces champignons infectieux peuvent endommager les feuilles, les tiges, les fruits et les graines. Ils constituent également les polluants les plus fréquents dans les aliments, notamment dans les céréales, mais aussi dans de nombreux autres produits végétaux et animaux. (Elhouiti, 2018)

I.4. Activité antifongique :

La présence de composés bioactifs dans les plantes médicinales et leurs extraits joue un rôle crucial dans la lutte naturelle contre les champignons phytopathogènes. C'est pourquoi de nombreux essais ont été menés pour étudier l'impact des extraits de plante sur la croissance des champignons. (Amine et ses collègues, 2017).

Les substances bioactives ciblent les champignons phytopathogènes en altérant la membrane fongique, en interrompant la production d'ergostérol et en inhibant les enzymes fongiques. (Rocher, 2004)

Les extraits de plantes pourraient jouer un rôle dans le développement d'une agriculture durable en diminuant la dépendance aux fongicides synthétiques.



*Matériels et
Méthodes*

II-1. Matériel :

Le travail expérimental a été réalisé au niveau du laboratoire de recherche de l'université Ammar Thelidji, Laghouat. Où nous avons déterminé l'activité antifongique des extraits de *Helianthemum lippii* et *Helianthemum virgatum* sur les espèces du genre *Fusarium*.

II-1.1. Matériel Végétale :

II-1.1.1. Collecte et Méthode d'extraction :

Les parties aériennes de plante *Helianthemum lippii* et (feuilles, fleurs, fruits) de plante *Helianthemum virgatum* récoltées en avril 2023 dans la wilaya de Laghouat dans les régions de Guelttat Sidi Saâd

Des extraits hexaniques et d'acétates de ces plantes sont préparés précédemment à l'aide un soxhlet. Un extracteur Soxhlet est une pièce de verrerie utilisée en chimie analytique et en chimie organique qui permet de faire l'extraction continue d'un solide par un solvant .Il se compose d'un corps en verre dans lequel est placé une cartouche en papier filtre épais, d'un tube siphon et d'un tube d'adduction. Le corps de l'extracteur est placé sur un ballon contenant le solvant d'extraction, Les résidus à extraire sont placés dans l'extracteur surmonté d'un réfrigérant

II- 1.1.2. Description botanique de la plante :

II-1.1.2.1. *Helianthemum lippii* :

Il s'agit d'un arbuste floconneux et pérenne avec de nombreuses branches dont la longueur et la forme varient en fonction de l'environnement dans lequel il pousse. Ils se développent sous la forme d'une masse compacte de branches ligneuses qui se chevauchent étroitement.

Les fleurs : sépales linéaires lancéolés à ovale (long : 1-3 mm), pétales obovates et jaunes (long : 4-5 mm), ses feuilles sont fines et petites linéaires lancéolées (long : 5-15 mm, large : 2-4 mm), ses vieilles tiges (sèches) sont lisses, tandis que ses jeunes tiges sont rouges. Dans ces régions, elles dépassent rarement 50 centimètres de hauteur (vert). Fruits : capsules ovoïdes (long : 3 mm). (Battandier et Trabut, 1888, Ozenda, 1991)



Figure 5 : quelques photos sur *Helianthemum lippii*

http://atlas-sahara.org/Cistaceae/Helianthemum_lippii/docs/Helianthemum_lippii_Florule_des_biotopes_du_criquet_pelerin.pdf

http://atlas-sahara.org/Cistaceae/Helianthemum_lippii/Helianthemum_lippii.html?cat=Cistaceae

II-1.1.2.2. *Helianthemum virgatum* :

Plante vivace suffrutescente. Feuilles : linéaires (longueur : 10-50 mm), base étroite, apex aigu, marges complètes, pétiole pubescent. Les inflorescences sont des cymes terminales avec 5 à 10 fleurs.

Les fleurs sont de forme linéaire lancéolée à ovale (longueur : 8-10 mm), avec des pétales obovaires et roses (longueur : 10 mm). Fruits : ovoïdes (longueur : 3 à 5 mm). Selon (Miller et Gard 2018).



Figure 6 : photos sur *Helianthemum virgatum*.

<https://algerianativeplants.net/html/plante-algerie-inventaire.php?char=H&page=2>

II-1.1.3. Répartition géographique :

En général, *H. lippii* et *H. virgatum* se rencontrent dans les régions désertiques sahariennes. Ils couvrent presque toute l'Afrique du Nord (du Maroc jusqu'en Libye) et se rencontrent également en Égypte, en Europe (France, sud-Espagne, sud-Italie), en Asie, à l'exception de *H. virgatum* (Palestine, Qatar, Turquie, Irak, Arabie Saoudite) (Wickens, 1998, Zahran et Willis, 2008).

En Algérie, ces plantes sont communes dans tout le Sahara et font ainsi partie de la végétation désertique du Sud Algérien. Pour le nord du pays où elle semble être rare, elle se rencontre au niveau des régions d'Oran (à l'embouchure de Macta) et de Boumerdes (à Zemouri) (Battandier et Trabut, 1888)

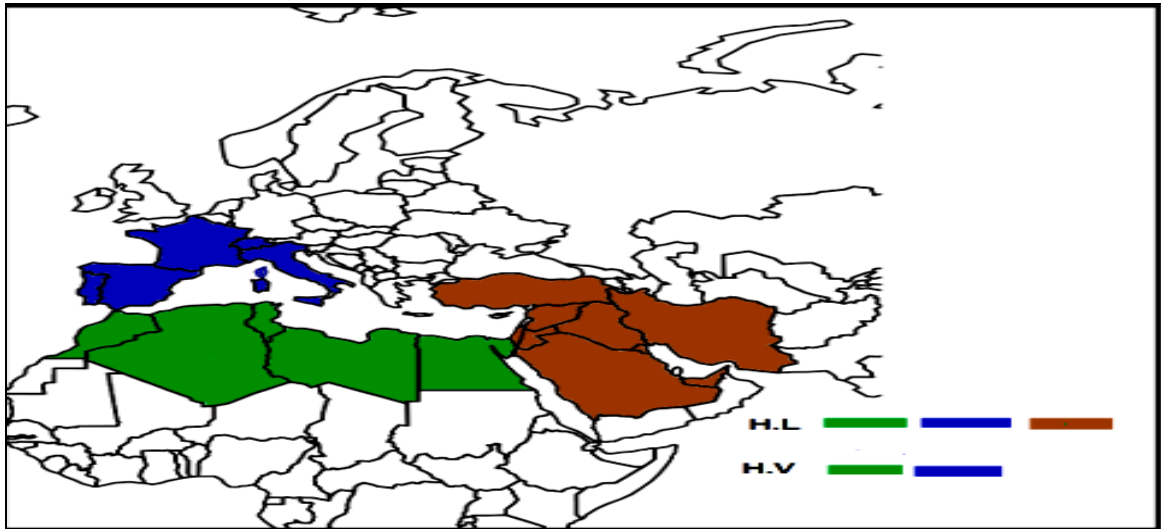


Figure 7: Répartition de deux plantes *Helianthemum lippii* et *Helianthemum virgatum* (originale).

II-1.2. Matériel fongiques sélectionnés :

Les souches fongiques testées dans cette étude sont du genre *Fusarium* qui regroupant plusieurs espèces phytopathogènes susceptible d'attaquer un grand nombre des plantes, provoquant des maladies appelées fusariose. Les *Fusarium* sont des champignons filamenteux qui ont été décrits pour la première fois en 1809 par Link, appelés *Fusarium* en raison de leur spore en forme fuseau (*lat. fusus*) (Leslie et Summerell,2008).

Fusarium est un genre de champignons imparfaits de l'embranchement des *Ascomycota*, de la classe des Ascomycètes et de l'ordre des Hypocreales. On connaît les formes parfaites ou téléomorphes de certaines espèces de *Fusarium*. Elles appartiennent principalement au genre *Gibberella*. (Moretti, 2009)

Les premiers caractères utilisés pour décrire et classer le genre *Fusarium* sont les caractères primaires. Ils sont liés aux caractéristiques macroscopiques des champignons, comme la forme et la taille des conidies. Les conidies sont des spores qui permettent à des champignons de se reproduire sans sexe (Heit,2015).

Les spores de *Fusarium* se distinguent par trois catégories : les macroconidies et les microconidies, ainsi que les chlamydospores (Brown et Proctor, 2013) :

- **Macroconidies cloisonnées :** sont de couleur blanche, de forme fusiforme à falciforme, fréquemment avec une cellule apicale allongée et une cellule basale

basse. Ce sont des structures spécialisées sporochies qui les produisent. On peut aussi les fabriquer sur des mono-phialides et des polyphialides dans le mycélium aérien.

- **Microconidies** : Petites conidies, septées ou non. Ils peuvent être fusiformes, ovoïdes, en forme de poire (piriforme) ou comme un rein. Toutes les espèces de *Fusarium* ne les produisent pas. Elles se distinguent par les microconidies elles-mêmes, les cellules conidiogènes sur lesquelles elles sont formées (monophialides ou polyphialides) et leur disposition (seule, en chaîne, en bouquet).
- **Chlamydo-spores** : Elles ne se rencontrent pas dans toutes les espèces. On les trouve individuellement, en double, en bouquet ou en chaîne. Elles peuvent être terminales ou intercalaires et se distinguent par le mycélium ou les conidies. (Heit,2015).

Il est bien connu que les champignons du genre *Fusarium* ont la capacité de générer des métabolites secondaires, tels que des toxines (mycotoxines), et de causer des maladies chez les plantes. De plus, les mycotoxines peuvent être toxiques pour l'homme et les animaux. (Babadoost, 2018).

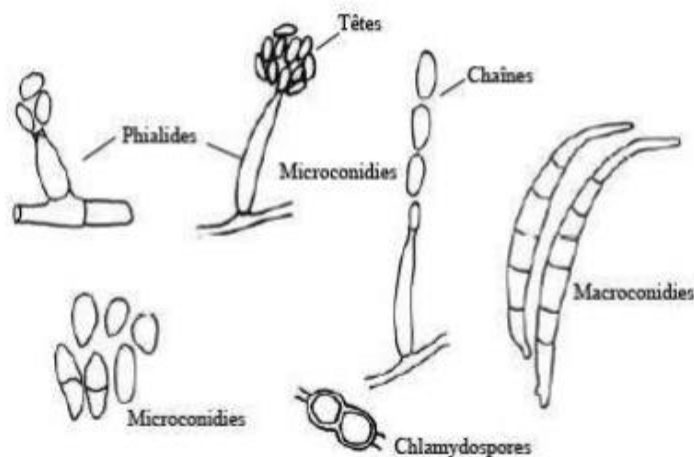


Figure 8: caractères morphologiques des *Fusarium*. (Elhouiti, 2018)

II-1.2.1 *Fusarium graminearum* :

La fusariose des épis de blé et d'autres céréales est causée par Fg. La maladie est extrêmement répandue et a un impact économique considérable à l'échelle mondiale (Turkington et *al.*, 2014, Lofgren et *al.*, 2018).

Il existe deux formes de reproduction de *Fusarium graminearum* : une forme sexuée (télémorphe) connue sous le nom de *Gibberella zeae*, qui génère des ascospores, et une forme asexuée (anamorphe) qui génère des macroconidies. La présence de microconidies est absente dans Fg, tandis que les chlamydospores, si elles se forment, se situent au milieu ou à l'extrémité du mycélium ou dans les macroconidies. Selon Leplat et *al.* (2013).

Le *F. graminearum* est la seule espèce homothallicque, avec un thalle rose, grisâtre ou rouge à pourpre devenant brun vineux. Selon Ireta Moreno et Gilchrist (1994).

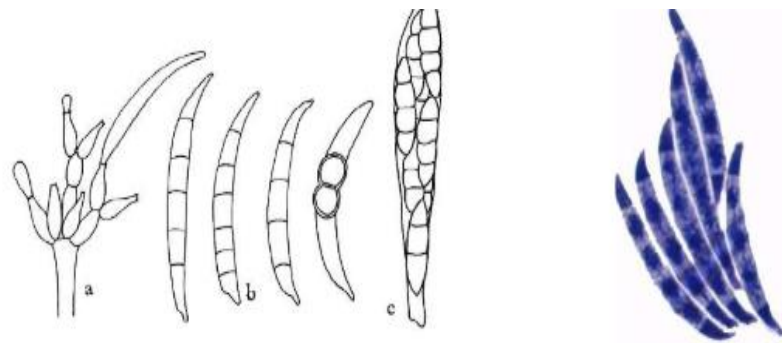


Figure 9: le *Fusarium graminearum*

a) macrophialides et macroconidies ; b) macroconidies ; c) asque octosporé (Elhouiti, 2018)

II-1.2.2 *Fusarium culmorum* :

Il s'agit d'un champignon qui possède une grande capacité saprophytique. Facultatif parasite, il peut causer la pourriture des racines et la fusariose de l'épi sur diverses céréales à petits grains, dont le blé et l'orge.

On connaît également le *Fusarium culmorum* comme un agent pathogène après la récolte, notamment sur les céréales fraîchement récoltées qui n'ont pas été correctement

séchées ou stockées (Aldred et Magan, 2004). Céréales à grains minces, telles que le blé et l'orge.

Selon Magan et Olsen (2004), Scherm et *al.* (2013) et Badis et Anis (2021), le *F.culmorum* est également considéré comme un agent pathogène après la récolte, en particulier sur les céréales fraîchement récoltées qui n'ont pas été correctement séchées ou stockées.

Aucune reproduction sexuée n'est observée ou n'a pas encore été identifiée pour ce champignon. Les microconidies sont absentes, mais les macroconidies et les chlamydo-spores sont abondantes, et le mycélium est généralement blanc. (Caron, 2000).

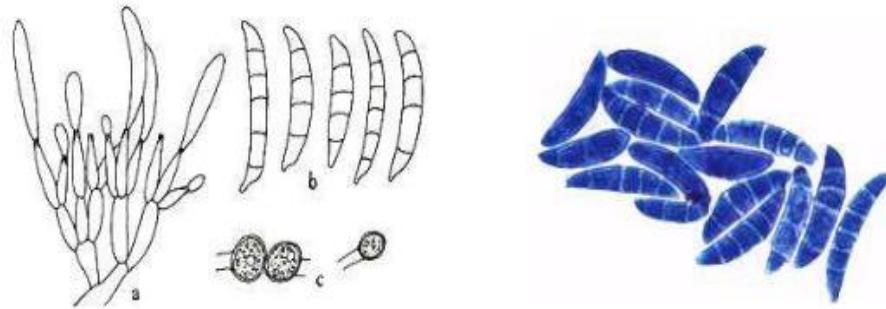


Figure 10: le *Fusarium culmorum*

a) macrophialides et macroconidies ; b) macroconidies ; c) chlamydo-spores (Elhouiti, 2018)

II-1.2.3. *F. oxysporum* :

F.oxysporum est l'une des espèces les plus significatives sur le plan économique en raison de sa multitude d'hôtes et du niveau de perte qu'elle peut engendrer..

D'après Nelson et *al.* (1983), les formes spéciales de *F. oxysporum* sont des agents pathogènes vasculaires qui entraînent fréquemment le flétrissement des vaisseaux sanguins, la fonte des semis et les pourritures racinaires.

Selon McGovern (2015), *Fusarium oxysporum* possède une forme asexuée (anamorphe) qui génère des macro-conidies et des chlamydo-spores.

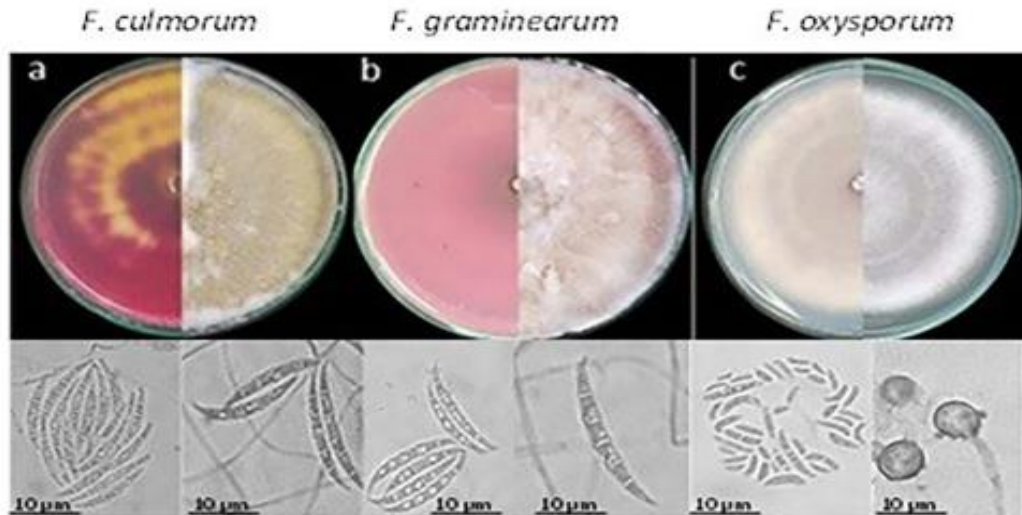


Figure 11: caractérisation macro et microscopique de trois espèces du genre *Fusarium* (fop , fg, fc)(Fonseca-Guerra et *al.*,2022)

Tableau 6: les codes des souches fongiques

Espèces	Code INRA
<i>Fusarium graminearum</i>	812 INRA (Bordeaux, France)
<i>Fusarium culmorum</i>	T7 INRA (Bordeaux, France)
<i>Fusarium oxysporum</i>	FOP INRA (Alger Algérie)

II.2. Méthode expérimentale :

II.2.1. Évaluation de l'activité antifongique par la méthode de contact direct :

Nous avons utilisé la méthode de contacte directe qui évalue le pouvoir antifongique des extraits de plante pour déterminer le pouvoir inhibiteur des extraits contre les champignons phytopathogènes.

II.2.1.1. Préparation de milieu de culture :

Nous avons utilisé le milieu de culture suivant : PDA (Potatoc dextrose agar) (en annexe).

II.2.1.2. Préparations les souches fongiques :

Dans le but de préparer les souches, nous avons transféré un morceau du mycélium de chaque souche fongique FOP, T7, 812, à partir d'une culture pure conservée, sur milieu de culture PDA, placé au centre de chaque boîte de pétrie. Ensuite, nous avons incubé les boîtes à 25°C durant 7 jours jusqu'à la croissance mycélienne atteint les bords des boîtes pétri.

II.2.1.3 Mode opératoire :

Dans des tubes à essai contenant chacun 13,5 ml de milieu de culture solide PDA, stérilisé à l'autoclave pendant 20 minutes à 121°C et refroidis à 45°C, nous avons ajouté 1,5 ml de chaque dilution des extraits préparés dans une solution d'agar pour obtenir les concentrations finales de 30 µl/ml, 15 µl/ml et 10 µl/ml à partir d'une solution mère avec une concentration de 33,33g/l. Avant de les verser dans les boîtes de pétrie, nous avons agités les tubes à l'aide d'un vortex pour disperser les extraits dans le milieu de culture, les témoins solution d'agar de 0.02 % et PDA sans extraits, par la suite les tubes qui contient le mélange (extraits hexanique ou d'acétate de chaque plante + PDA+solution agar) sont coulés dans boîtes pétries (diamètres 80 mm) , après refroidissement et solidification de ce mélange, les disques mycéliens prélevés à partir de la périphérie du thalle provenant d'une culture de 7 jours ont été mis au centre de chaque boîtes pétri(un disque pour chaque boîte pétri) puis les boîtes sont incubées à une température de 25°C . Une approche similaire pour les témoins.

Nous avons observé les cultures après 48 heures. Chaque jour, nous avons effectué des mesures des diamètres de croissance à l'aide d'un pied à coulisse pour surveiller la vitesse de la croissance mycéliennes.

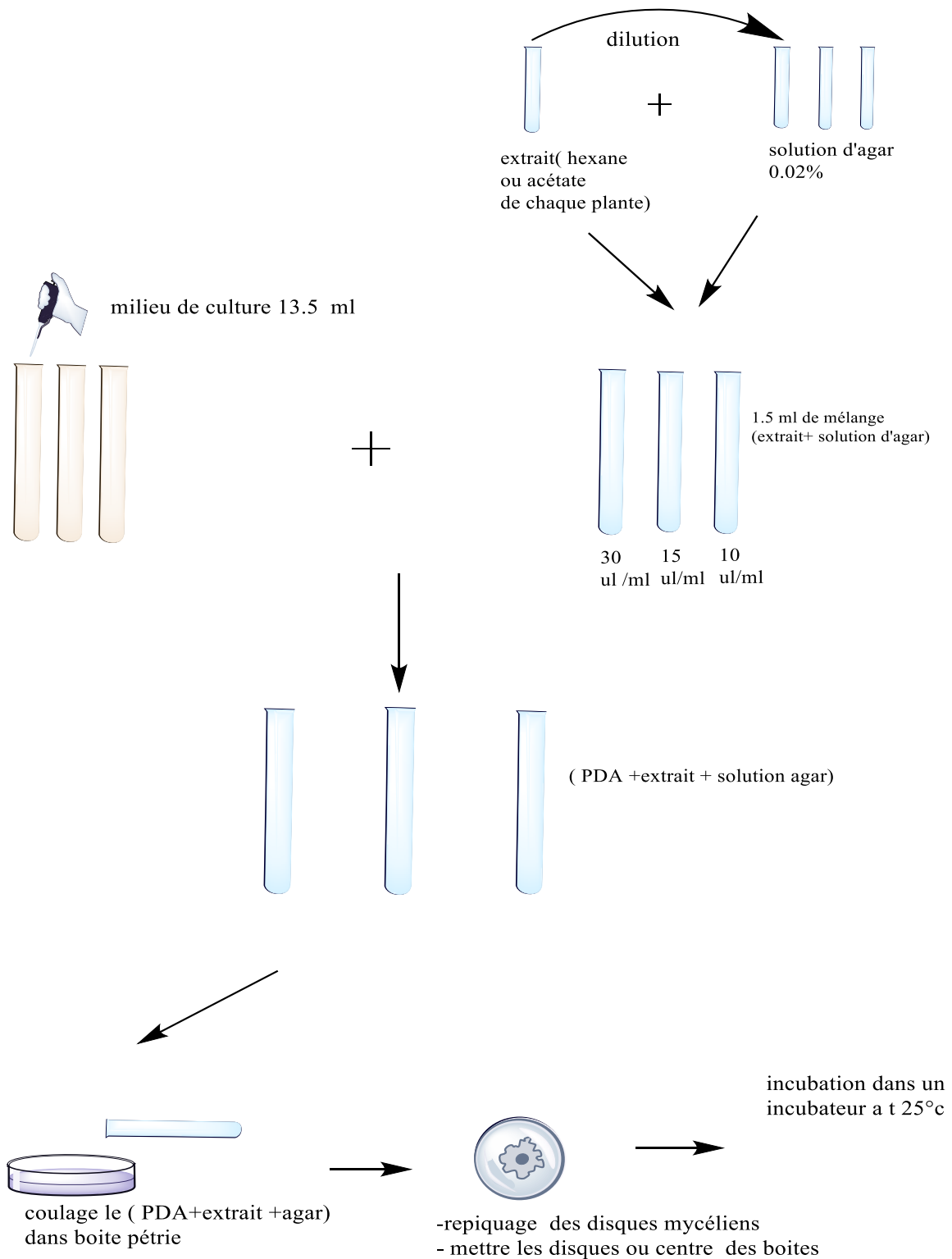


Figure 12: schéma représentatif le mode opératoire (originale)

Nous avons déterminé l'action antifongique en comparant la croissance après le traitement avec celle du témoin, en utilisant la relation suivante (ELhouiti,2018) :

$$I\% = \frac{(Dk - D0)}{Dk} \times 100$$

DK ; diamètre de la colonie mycélienne témoin

D0 ; diamètre de la colonie mycélienne dans l'expérience

I ; taux d'inhibition de la croissance mycélium (en%)



*Résultats et
discussions*

III. Résultats et discussions :

III. 1. Evaluation de l'activité antifongique des extraits des deux plantes :

La méthode de contact direct a été utilisée pour déterminer le pouvoir antifongique des extraits, ce qui permet d'évaluer leur activité et leur efficacité en évaluant leur taux d'inhibition mycélienne.

III.1.1. Evaluation de la croissance mycélienne vis-à-vis de des différents extraits :

Nous avons effectué les essais d'activité antifongique sur des champignons phytopathogènes de l'Algérie et de France. Dans le but de valider ces résultats, nous avons suivis la cinétique de la croissance mycélienne des 3 souches étudiées.

III.1.1.1. La cinétique de la croissance des souches étudiées traitées par des extraits acétate et hexane :

La figure 13 représente le cinétique de la croissance mycélienne de trois souches en fonction du temps et à différentes concentrations des extraits (acétate ; à gauche, hexane ; à droite) de *Helianthemum virgatum*. La figure 17 représente ceux de *Helianthemum lippii*. Les résultats des témoins ont montré que la croissance mycélienne augmente avec le temps d'incubation, l'effet des deux extraits est observé dans la concentration 30 µl/ml.

Le suivi quotidien de la croissance mycélienne des trois souches traitées avec des extraits acétates et hexanes de *Helianthemum virgatum*, nous a permis d'établir les courbes de la cinétique fongique. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure ci-dessous.

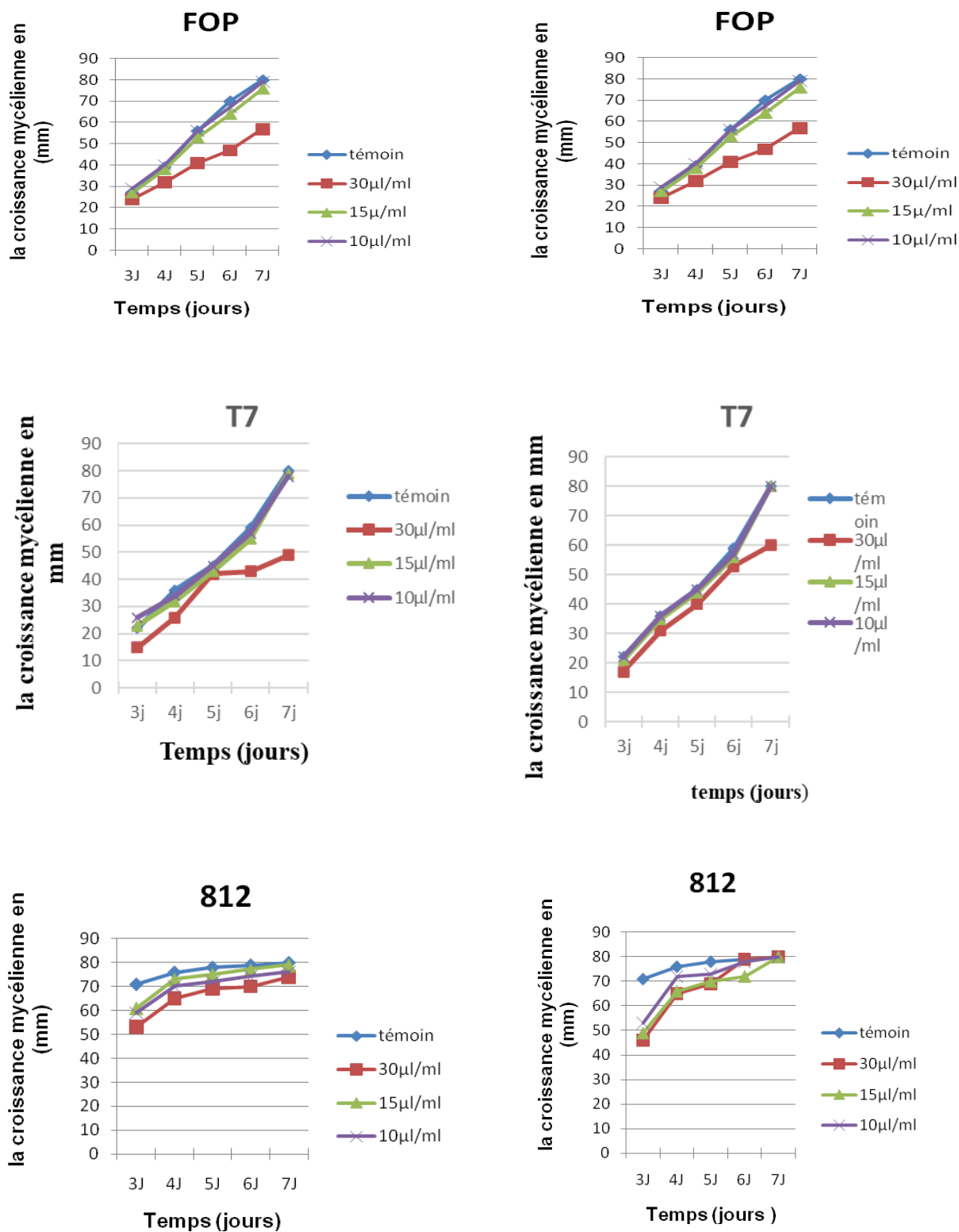


Figure 13: la cinétique de la croissance mycélienne de trois souches en fonction du temps et en présence de différentes concentrations des extraits (acétate ; à gauche, hexane ; à droite) de *Helianthemum virgatum*.

D'après les résultats de la figure13 qui montrent que la croissance augmente avec le temps d'incubation, et que l'effet des concentrations 10µl/ml comparé avec le témoin négatif est faible, car ils ont presque le même diamètre 80mm dans le 7^{ème} jour. Cela est due probablement à la faible concentration les extraits testés.

A une concentration de 15µl/ml, nous constatons un effet moyennement faible qui concerne toutes les souches. Les diamètres de la souche FOP et T₇ sont de (28mm-76mm) et de (23mm-80mm), tandis que la souche 812, ses diamètres sont de (40mm-80mm). Alors que la concentration de 30µl/ml entraîne un effet plutôt modéré, parce que les diamètres de croissance de la souche FOP dans les extraits acétate et hexane sont de (24mm-60mm) et de (24mm-57mm) respectivement, tandis que les diamètres de croissance de la souche T₇ sont de (15mm-49mm) et de (17mm-60mm), finalement la souche 812 présente des diamètres (53mm-74mm) et de (46m-80mm).

De plus l'effet de l'extraits acétate est légèrement supérieur à celui de l'extrait hexane sur les souches 812 et T₇ car elles possèdent une sensibilité à ce dernier. La concentration 30µl/ml de l'extraits acétate contre la souche T₇ montre une inhibition élevée dans le septième jour, comparée à celle de l'extrait hexanique, aussi à cette concentration nous observons que la sensibilité de la souche 812 est supérieure de l'extrait acétate (50mm-74mm) par rapport à celle de l'extrait hexanique (40mm-80mm), par contre à la même concentration la souche FOP est plus sensible vis-a-vis l'extrait hexanique que l'extrait acétate.

Après ces résultats nous déduisons que les deux souches (FOP, T₇) semblent être plus sensible à nos extraits que la souche 812(figure 14 .15.16).

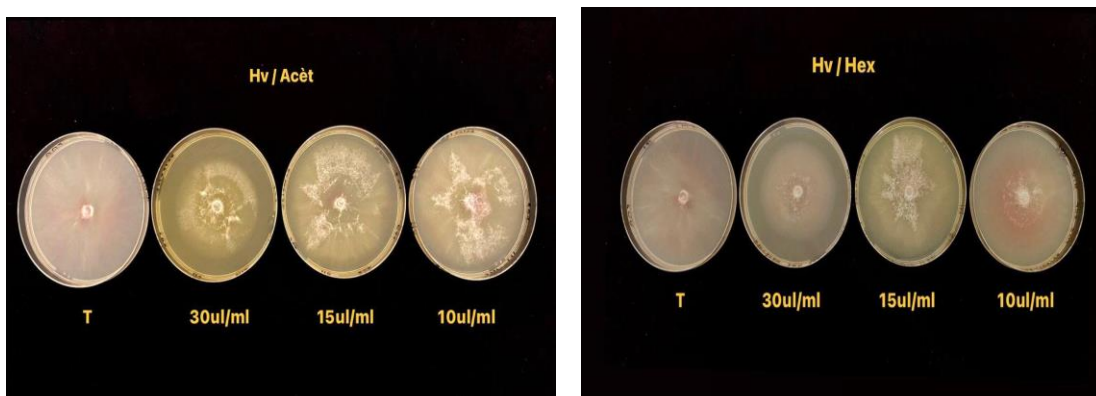


Figure 14: l'effet des extraits de *H. virgatum* sur la croissance mycélienne de souche Fop en présence différentes concentrations.

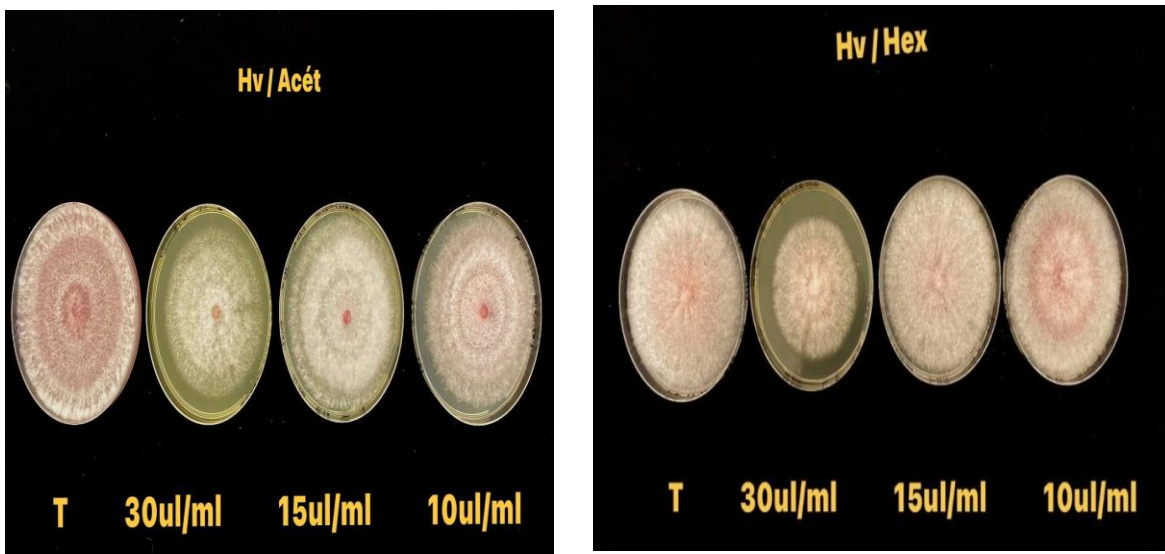


Figure 15: l'effet des extraits de *H. virgatum* sur la croissance mycélienne de souche T7 en présence différentes concentration.

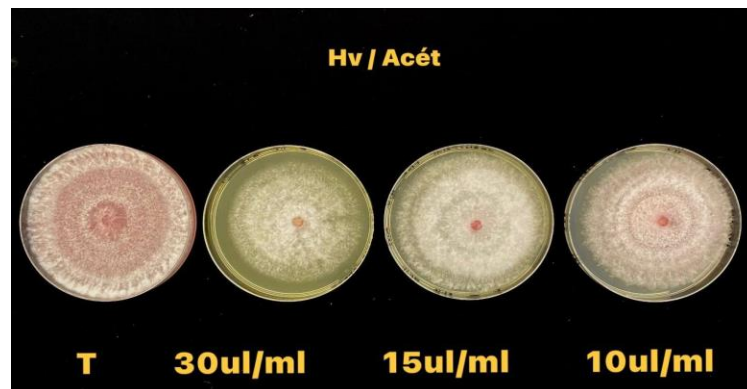


Figure 16: l'effet d'extrait acétate de *H. virgatum* sur la croissance mycélienne de souche 812 en présence différentes concentrations.

L'espèce *Fusarium graminearum* est moins affectée par rapport aux autres espèces de *Fusarium* testées.

Les courbes de la cinétique fongique ont été établies en observant quotidiennement la croissance mycélienne des trois souches traitées avec des extraits acétate et hexane d'*Helianthemum lippii*. La figure ci-dessous présente les résultats obtenus.

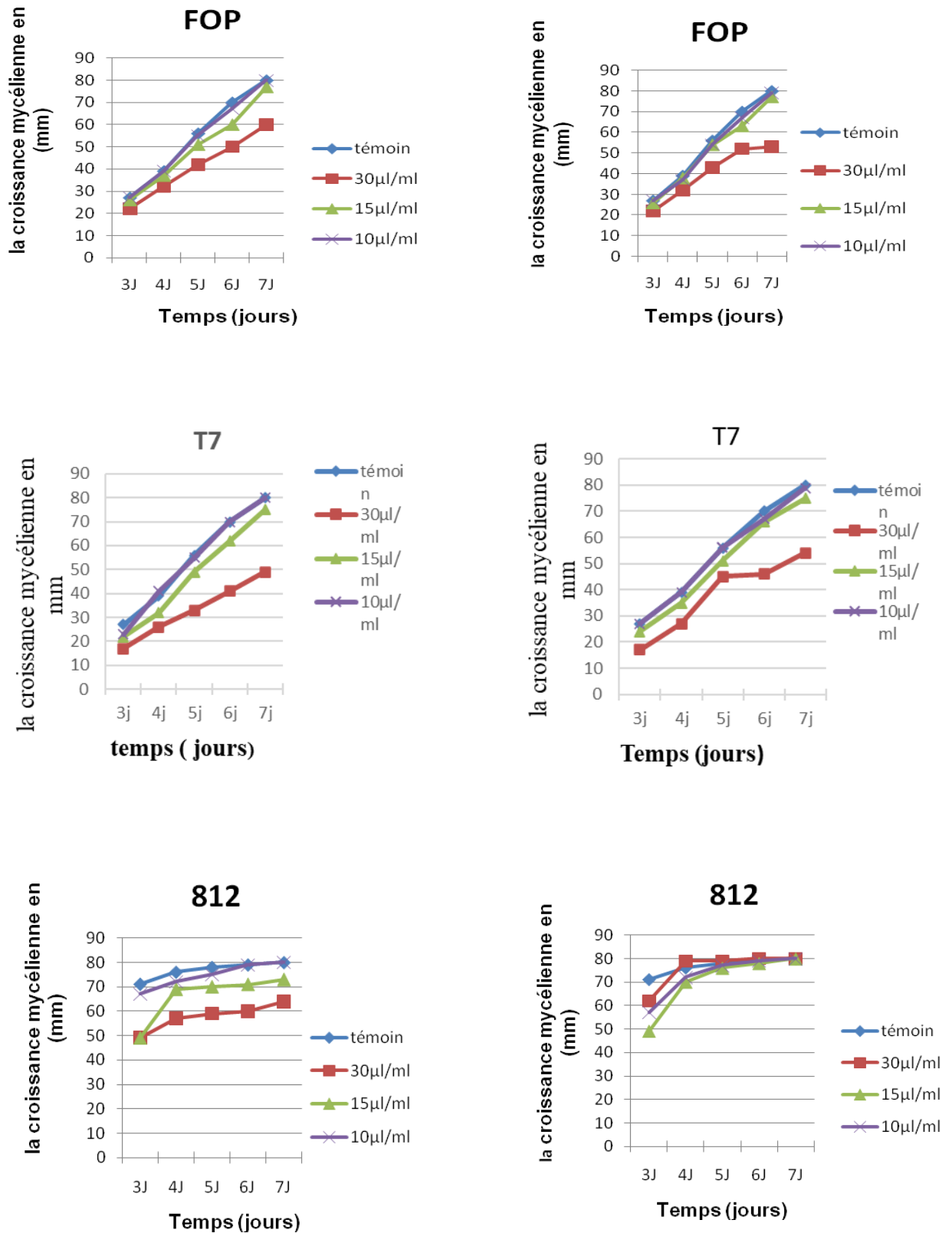


Figure 17: la cinétique de la croissance mycélienne de trois souches en fonction du temps et en présence de différentes concentrations des extraits (acétate ; à gauche, hexane ; à droite) de *H.I.*

Selon les courbes obtenues, nous observons une augmentation du diamètre avec le temps d'incubation, et il est évident qu'il n'y a pas d'effet avec les concentrations de 10µl/ml par rapport au témoin négatif. Ils présentent presque le même diamètre de 80mm au 7ème jour. Il est probable que cela soit causé par la faible concentration des extraits testés.

En augmentant la concentration à 15µl/ml, nous constatons un effet moins faible qui concerne toutes les souches. Les diamètres des souches FOP et T₇ sont de (26mm à 77mm) et (22mm à 75mm) respectivement, tandis que ceux de la souche 812, ils sont de (49mm à 80mm). Alors que la concentration de 30µl/ml entraîne un effet relativement modéré, les diamètres de croissance de la souche FOP dans les extraits acétate (22mm-60mm) et dans les extraits hexane (24mm-53mm), les diamètres de croissance de la souche T₇ dans les extraits acétate (17mm-49mm) et dans les extraits hexanes (17mm-54mm), et 812 dans les extraits acétate (49mm-64mm) et dans les extraits hexane (62mm-80mm).

De plus l'effet de l'extrait acétate est légèrement supérieur à celui de l'extrait hexane sur les souches 812 et T₇ car elles sont sensibles à l'extrait. La concentration 30µl/ml au 7ème jour révèle que la souche t₇ présente un diamètre réduit vis à vis l'extrait acétate que par rapport à l'extrait hexanique. De même, nous avons observé des diamètres de (49mm à 64mm) et (62mm à 80mm) des deux extraits respectivement avec la souche 812. Par contre la souche FOP montre une sensibilité à l'extrait hexanique à une concentration de 30µl/ml car le diamètre au 7ème jour est inférieur à celui de l'extrait acétate.

Suite à ces résultats, il a été constaté que les deux souches (FOP, T₇) semblent être sensibles à nos extraits, tandis que la souche 812 semble plus résistante.

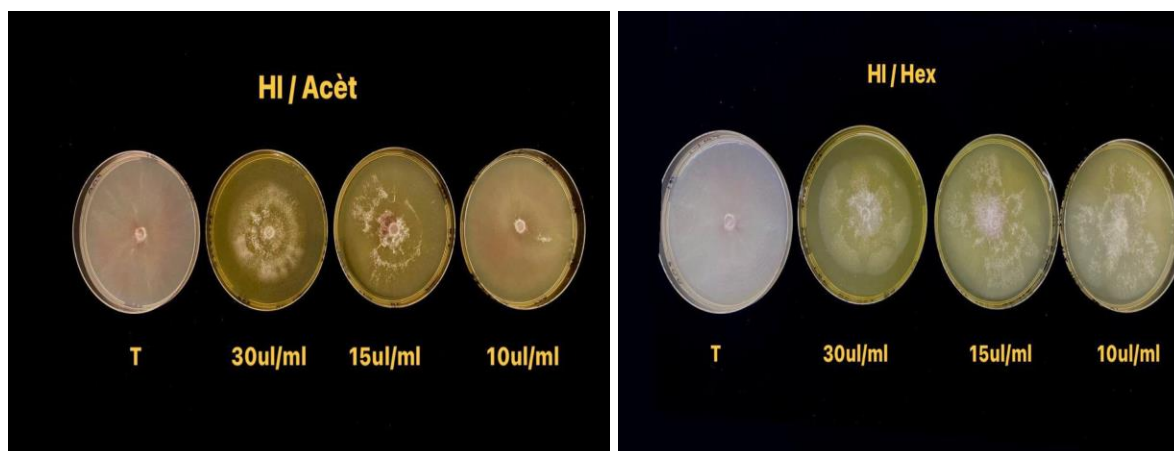


Figure 18: l'effet des extraits de *H.lippii* sur la croissance mycélienne de la souche Fop en présence différentes concentrations.

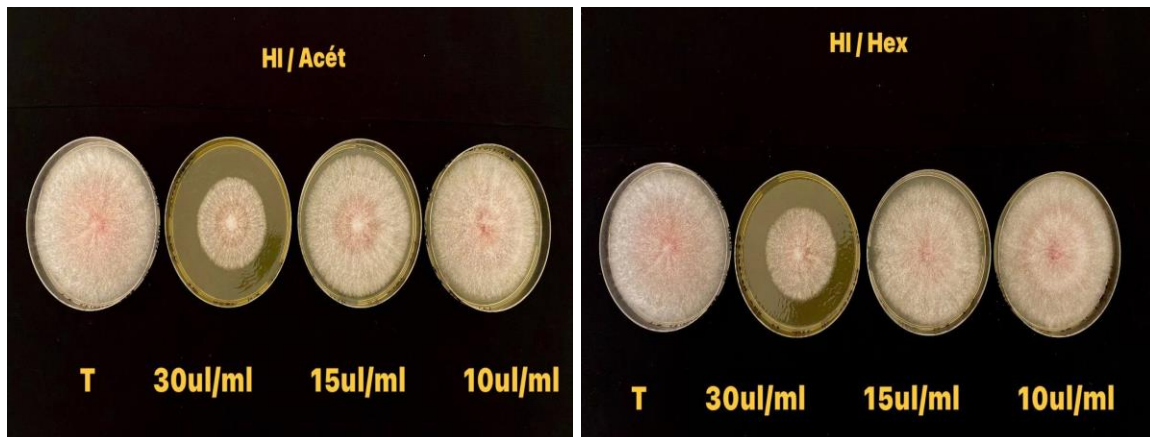


Figure 19: l'effet des extraits de *H. lippii* sur la croissance mycélienne de souche T7 en présence différentes concentration.

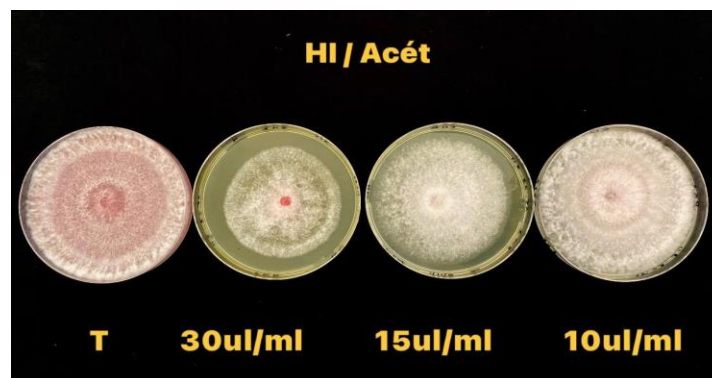


Figure 20: l'effet des extraits de *H. lippii* sur la croissance mycélienne de souche 812 en présence différentes concentration.

III.1.1.2. Evaluation du taux d'inhibition vis-à-vis de différents extraits :

La figure 18 représente les taux d'inhibition mycélienne des souches fongiques sélectionnées vis-à-vis différentes concentrations des extraits acétate et hexane de *H. virgatum* et *H. lippii* respectivement. Pour les deux extraits La concentration 30 μ l/ml a montré le taux d'inhibition le plus élevé par rapport aux témoins.

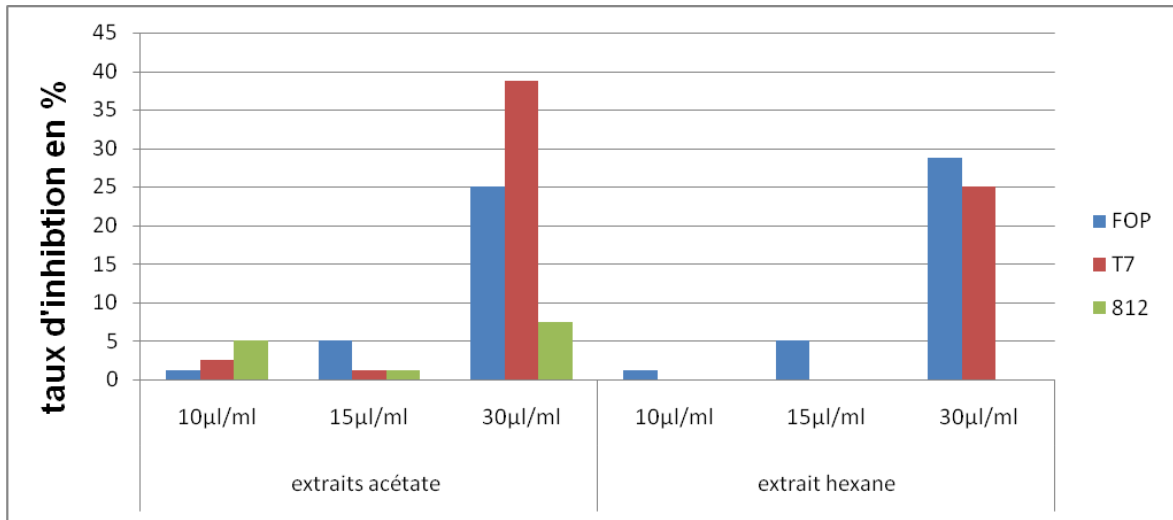


Figure 21: taux d'inhibition de trois souche vis-à-vis différentes concentration des deux extraits de *H. virgatum*.

La souche FOP :

A une concentration de 10 µl/ml des extraits acétate et hexane, nous constatons que le taux d'inhibition est faible (presque 0%). La concentration 15 µl/ml des deux extraits montre un effet est faible de 5%, tandis que la concentration 30 µl/ml de l'extrait acétate inhibe à 25% la croissance, et celle de l'extrait hexanique inhibe jusqu'à 29%.

La souche T₇ :

En utilisant des concentrations de 10 µl/ml et 15 µl/ml respectivement, une faible inhibition des deux extraits acétate et hexane est observée. D'un autre côté, la concentration de 30 µl/ml d'extrait d'acétate présente un taux d'inhibition remarquable de 39 %, supérieur à celui de l'extrait hexanique, qui est de 25 %.

La souche 812 :

Aucun effet n'est observé pour les trois concentrations d'extrait hexanique (taux d'inhibition est de 0 %), tandis que l'inhibition de l'extrait acétate est faible pour toutes les concentrations.

D'après ces résultats, la souche FOP est la plus sensible à l'extrait hexanique, contrairement aux deux autres (812, T₇) qui présentent une sensibilité à l'extrait acétate. En outre la souche 812 est la moins affecté que les autres souches. Nous déduisons que la

concentration minimale inhibitrice est 30 µl/ml car elle a un effet modéré par rapport aux autres concentrations.

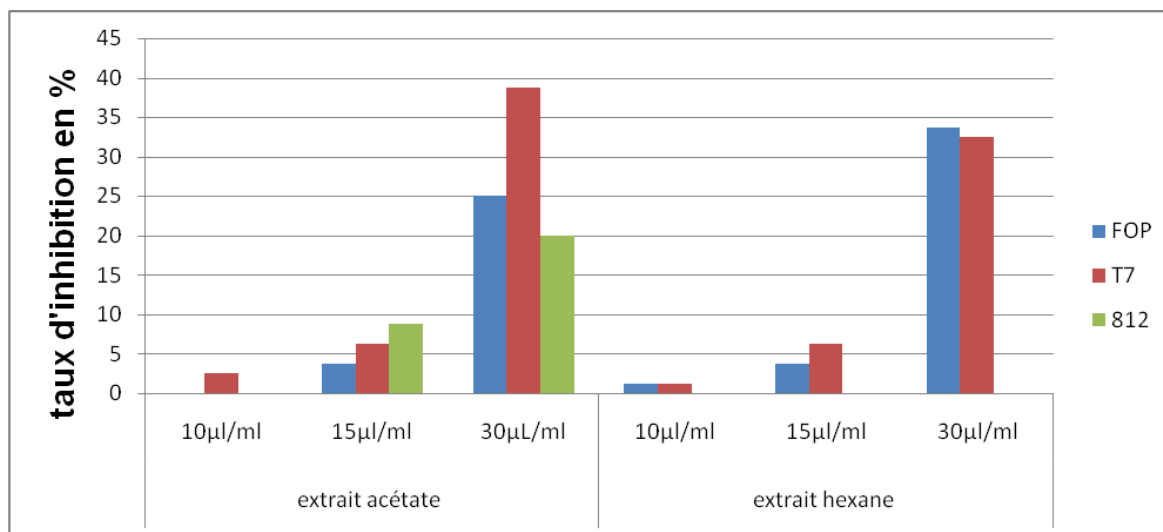


Figure 22: taux d'inhibition de trois souches vis-à-vis de différentes concentrations des deux extraits *H. lippii*.

La souche Fop :

Lorsque les extraits sont à une concentration de 10µl/ml, le taux d'inhibition est de 0% pour l'extrait d'acétate et I%<5 pour l'extrait hexane. En augmentant la concentration des deux extraits à 15µl/ml, nous constatons une augmentation équivalente de 2,5%. En outre, à une concentration de 30µl/ml, l'impact de l'extrait hexane atteint 39%, ce qui est considérablement plus élevé que l'inhibition de l'extrait acétate (I% = 25).

La souche T7 :

Le taux d'inhibition est plus faible pour les concentrations 10µl/ml et 15µl/ml, avec un taux d'inhibition compris entre (2-6%) des deux extraits. En revanche, à la concentration de 30µl/ml, la souche T7 est plus sensible à l'extrait acétate car le taux d'inhibition est plus élevé (38%) que l'extrait hexane (33%).

La souche 812 :

Le taux d'inhibition est de 0% à la concentration 10µl/ml des deux extraits, tandis que l'inhibition de la concentration 15µl/ml d'extrait acétate est égale à (I%= 7%), alors que l'inhibition est de 20% à une concentration de 30µl/ml. En revanche l'extrait hexane ne montre aucune inhibition à des concentrations de 15µl/ml et de 30µl/ml (I%= 0).

Selon ces résultats, les souches 812 et T7 sont sensibles à l'extrait d'acétate par rapport à l'extrait d'hexane, contrairement à la souche FOP qui présente une sensibilité vis-à-vis l'extrait hexane. De plus la souche 812 est également moins touchée que les autres.

En raison de son effet modéré par rapport aux autres concentrations, nous concluons que la concentration minimale inhibitrice est de 30µl/ml.

En comparant les résultats des extraits hexaniques du *H. virgatum* et *H. lippii*, nous constatons que :

Contre FOP

Le même pourcentage d'inhibition est observé pour les extraits hexanique des deux plantes en utilisant la concentration 10µl/ml.

L'extrait hexanique de *H. lippii* montre un taux d'inhibition <5% (effet faible) à 15µl/ml, tandis que à 30µl/ml, il est plus inhibant que l'extrait hexanique de *H. virgatum*.

Contre T₇

Aucun effet inhibiteur n'a été observé avec l'extrait hexanique de *H. virgatum* à une concentration de 10µl/ml (I% = 0), tandis que l'extrait hexanique de *H. lippii* présente une faible inhibition à une concentration similaire.

L'extrait hexanique du *H. virgatum* présente un taux d'inhibition de 0% à une concentration de 15µl/ml. Comparé à celui de *H. lippii*, qui présente un taux de 6%.

Lorsque l'extrait hexanique de *H. virgatum* est concentré à 30µl/ml, le taux d'inhibition est de 25%, qui est inférieur à l'effet de l'extrait hexanique de *H. lippii*.

Contre 812

Aucun effet et aucune inhibition n'ont été observé des trois concentrations des extrait hexanique des deux plante (I%=0).

D'après cette comparaison, nous déduisons que l'extrait hexanique de la plante *H. lippii* est mieux que l'extrait hexane de la plante *H. virgatum*

En comparant les résultats des extraits acétate de *H. virgatum* et *H. lippii*, nous constatons que :

Les souches FOP et T7 ont le même taux d'inhibition vis-à-vis les extraits acétate des deux plantes étudiées (C=30 µl/ml), par contre la souche 812, à la même concentration, montre que l'extrait acétate de *H. lippii* a une inhibition plus élevée à celui de la plante *H.*

virgatum. La concentration de 15 µL/ml des extraits des deux plantes présente un faible taux d'inhibition compris entre 0 et 6 %. De plus, l'extrait d'acétate de *H. lippii* inhibe faiblement les 3 souches fongiques à une concentration de 10 µl/ml moins que celle de *H. virgatum*.

Les figures 21 et 22 démontrent que le taux d'inhibition augmente en fonction des concentrations. L'extrait acétate a des effets supérieurs à l'extrait hexane contre les souches 812 et T7. Concernant la souche FOP, nous remarquons que l'efficacité des extraits des deux plantes est liée à l'augmentation des concentrations (plus la concentration augmente, plus l'inhibition est meilleure).

Selon les résultats, nous déduisons que l'activité antifongique des extraits des deux plantes est moyenne.

III.2. Comparaison des résultats obtenus avec d'autres travaux :

D'après les recherches menées par Samb et ses collègues (2022), les résultats indiquent que les extraits hexaniques et acétates de la plante *Euphorbia hirta* ont une activité antifongique contre *Fusarium sp.* Les résultats ont démontré que l'extrait d'acétate d'éthyle est le plus actif, avec des taux d'inhibition allant de 57 à 60 % à 8000 ppm. En revanche, l'extrait hexanique le moins actif présente des taux d'inhibition très faibles (2,9 % et 2,4 % à 8000 PPM), ce qui indique une faible présence de molécules antifongiques.

Par ailleurs, (Lotfi et al., 2023) ont travaillé sur la souche *Fusarium oxysporum* avec l'extrait d'acétate d'une plante du genre *Helianthemum*. Les résultats montrent qu'à une concentration égale à 100 mg/ml, l'extrait d'acétate présente une activité plus faible avec un taux d'inhibition de 2,1 %.

De plus, (Clémentine et al., 2019) ont testé l'activité antifongique d'extraits de plante contre *Fusarium oxysporum* et ont inhibé significativement la croissance mycélienne de souche. Cette souche est sensible à l'extrait avec une CMI égale à 8 mg/ml.

La lutte chimique se définit par l'utilisation de fongicides pour détruire, affaiblir ou réprimer le champignon. Plusieurs fongicides appartenant à différentes classes chimiques sont actuellement disponibles pour la gestion de la fusariose. Dans une méta-analyse regroupant des résultats de plus de 100 études différentes sur l'efficacité des fongicides qui ont été menées dans 14 États des États-Unis, (Paul et al., 2008) ont pu palier à ce problème et ont évalué l'efficacité de triazoles utilisés seuls ou en mélange. Pour diminuer la sévérité

de la fusariose de l'épi, par exemple, un mélange de prothioconazole et de tébuconazole s'est avéré le plus efficace en réduisant en moyenne de 52 % des symptômes (Paul et *al.*, 2008).

L'apparition de la résistance dans les populations de champignons, le coût élevé des fongicides, leurs effets sur l'environnement et leur incompatibilité avec l'agriculture durable ont fait que leur utilisation est devenue de plus en plus interdite et l'intérêt pour d'autres alternatives a ainsi augmenté (Mouria et *al.*, 2013). Contrairement à nos extraits, ils sont naturels, non toxiques et moins chère.

C'est pour ça. La lutte biologique constitue l'un des moyens les plus sûrs et les plus recherchés en Algérie pour mettre fin à tout type de fusariose. Des travaux récents réalisés dans cette optique ont montré qu'il existe plusieurs microorganismes antagonistes des espèces de *Fusarium* phytopathogènes. Parmi lesquels les moisissures. En fait, il a été constaté que la majorité des souches antagonistes appartiennent au genre *Trichoderma* telles que *Trichoderma album*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma longibrachiatum* et *Trichoderma viride* qui inhibaient la croissance mycélienne du *Fusarium solani*, *F. oxysporum* et *F. verticilloides* agents pathogènes du palmier, du blé, de maïs et de l'olivier (Dehimat et Ghorri, 2016), *Trichoderma harzianum* qui était efficace contre *Fusarium solani*, qui a affecté la lentille (Almi et Dehimat, 2016) et *Trichoderma sp* qui s'est montrée active contre *Fusarium sp*, un agent pathogène du blé (Hamel, 2016). D'autres moisissures antagonistes appartiennent au genre *Fusarium*.

D'après les travaux de (Mahdi, 2011), *Fusarium oxysporum* et *F. solani* sont capables d'induire la défense du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) atteint de *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis*, l'agent causal d'une fusariose appelée Bayoud.

Parmi les bactéries antagonistes, figurent des bactéries à Gram positif telles que le groupe des actinomycètes. En fait, un travail mené par (Aioune, 2018) a élucidé le rôle de *Streptomyces* comme agent antagoniste de *Fusarium oxysporum* et *Fusarium culmorum* responsables de la fusariose de blé. Il en est de même que pour le genre *Bacillus*, qui inhibait la croissance mycélienne du *Fusarium oxysporum f.sp. Ciceris*, un agent pathogène du pois-chiche (Abed, 2017) et de *Fusarium sp*, un agent pathogène du blé et de l'olive (Bouzerouata, 2017).

Parmi les bactéries à Gram négatif, il a été mentionné que le genre *Pseudomonas* exerce un effet inhibiteur contre *Fusarium oxysporum f.sp. Ciceris*, un agent pathogène du

pois-chiche (Abed, 2017). Ces travaux comme le nôtre se sont intéressés à l'étude des agents de lutte biologique pour surmonter les problèmes de résistance associés aux fongicides. Un grand nombre de bactéries et de champignons antagonistes de *Fusarium* sans avoir des effets néfastes pour la plante. Ces agents naturels sont réunis sous le concept de biopesticides.

La lutte génétique, elle consiste à introduire des gènes de résistance au niveau des plantes appelées plantes Trans génétiques. Ces gènes sont responsables de la synthèse de protéines capables d'éliminer le phytopathogène (Smahi, 2008), grâce à cette technique, la résistance des plantes aux ravageurs et aux maladies peut être améliorée, ainsi que leur productivité et la qualité de leur récolte. Mais présente certains risques et préoccupations, parmi lesquels la perte de biodiversité et les effets inattendus sur la santé humaine et animale en cas de consommation de ces plantes génétiquement modifiées. C'est l'inverse de nos extraits naturels 100 %.

Il ya aussi les travaux de nos collègues sur les mêmes souches fongiques avec des extraits différents des nôtres :

Contre la souche 812 nous constatons que l'extrait acétate de *H. ruficomum* présente une bonne inhibition, similaire à notre extrais acétate de *H. lippii*.

Vis-à-vis la souche FOP : les extraits acétate de *H. virgatum* et *H. ruficomum* et l'extrait méthanolique de *Neatostema apulum* ont donné un résultat satisfaisant

Contre la souche T₇ : les extraits *H. ruficomum*/Me-OH, *H. lippii*/Me-OH, *H. ruficomum*/acét, *Neatostema apulum*/hex, ont des résultats aussi bons que ceux nos extraits : *H. lippii*/hex et *H. lippii*/acét.



Conclusion

Conclusion

L'application de la lutte chimique contre les champignons phytopathogènes n'est pas encouragée par les exigences des marchés internationaux, les préoccupations environnementales et la santé des consommateurs, car elle expose la terre à un danger.

En raison de leur utilisation dans le traitement de diverses maladies, l'intérêt de l'étude des plantes médicinales a connu une augmentation, car elles constituent une pharmacie naturelle de produits bioactifs utilisés pour soigner naturellement les mycotoxinogènes. Les métabolites secondaires présents dans ces produits ont différents effets biologiques, dont le principal est d'avoir des propriétés antifongiques.

Dans ce contexte, notre objectif est de réaliser des recherches biologiques sur les plantes du genre *Helianthemum* de la famille *Cistacées* *H. lippii*-*H. virgatum*. Les résultats de cette étude nous permettent de conclure :

Les résultats révèlent une composition abondante et diversifiée en composés riches en MS tels que les flavonoïdes, les tanins... qui ont une activité antifongique.

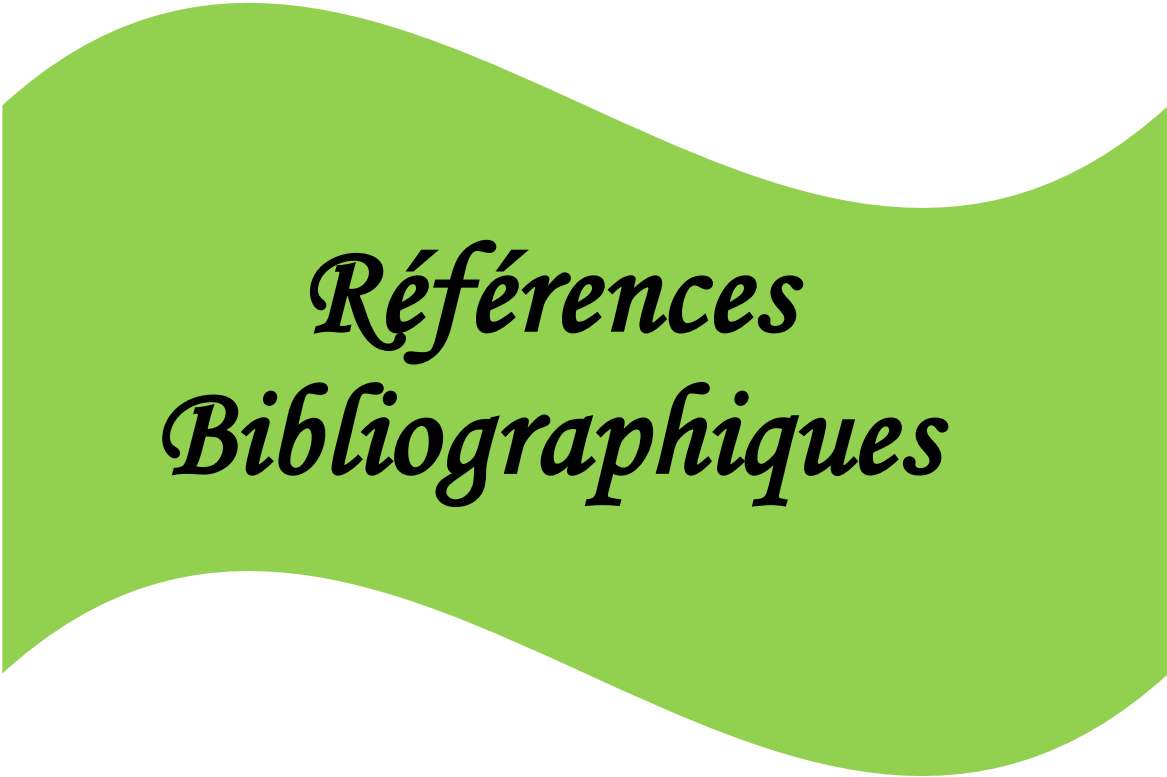
L'analyse de la croissance en milieu PDA a montré que le taux d'inhibition de la croissance des trois souches de *Fusarium* augmente à mesure que les concentrations des extraits utilisés augmentent, avec une sensibilité remarquable de toutes les souches à une concentration de 30 µL/ml. Les souches (812, T7) sont beaucoup plus sensibles à l'extrait d'acétate que l'extrait hexanique, tandis que FOP est plus sensible à l'extrait hexane que l'acétate. Seulement à partir de C=30µl/ml, on peut constater un impact sur la croissance mycélienne. La souche 812 était moins affectée que les autres souches T7 et FOP.

L'activité antifongique de nos extraits a été confirmée lors des études menées sur la croissance *in vitro* des espèces du genre *Fusarium*. Les recherches ethnobotanique ont mis en évidence que nos plantes présentent un potentiel thérapeutique fréquemment employé pour traiter les maladies microbiennes, en particulier celles d'origine fongique. Son efficacité contre les champignons s'est révélée à une concentration minimale inhibitrice de 30 µl/ml. Étant donné ces résultats, il serait recommandé d'utiliser ces plantes pour soulager les maladies causées par les champignons. Elles pourraient aussi être utilisées pour développer un biopesticide.

Finalement, l'ensemble de ces résultats a permis de voir cette plante utilisée pour différentes utilisations et ce n'est que le début de la recherche sur les substances

biologiquement actives d'origine naturelle. Il faudra effectuer des tests supplémentaires afin de confirmer les activités identifiées. Comme :

- Améliorer les concentrations de l'extrait en dépassant 30 μ /ml afin de garantir une inhibition totale des mycéliums.
- Appliquer nos extraits aux souches les plus vulnérables en effectuant une analyse approfondie, tant sur le plan biochimique, physiologique que moléculaire.
- Amélioration de l'extrait en incluant de nouvelles informations.
- Collecter les graines de nos plantes afin de les exploiter comme biofongicide, dans le but d'améliorer les résultats agricoles et de stimuler l'économie de notre pays.
- Effectuer des recherches sur d'autres propriétés biologiques in vitro, comme les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.
- Les connaissances sur les plantes algériennes peuvent également être approfondies, car chaque espèce peut être perçue comme un important réservoir de gène et une source de recherche de produits à l'intérêt thérapeutique et pharmacologique.



*Références
Bibliographiques*

A

- **Abdel-Kader, M. M., N. S. El-Mougy, N. G. El-Gamal, R. S. El-Mohamdy et Y. O. Fatouh (2012).** "In vitro assay of some plant resistance inducers, essential oils and plant extracts on antagonistic ability of fungal bio-agents." *J Appl Sci Res* **8**(3): 1383-1391.
- **Agrios, G. N. (2005).** *Plant pathology*, Elsevier.
- **Aldred, D. et N. Magan (2004).** "Prevention strategies for trichothecenes." *Toxicology letters* **153**(1): 165-171.
- **Alsabri, S. G., N. B. Rmeli, A. A. Zetrini, S. B. Mohamed, M. I. Meshri, K. M. Aburas, S. M. Bensaber, I. A. Mrema, A. A. Mosbah et K. A. Allahresh (2013).** "Phytochemical, anti-oxidant, anti-microbial, anti-inflammatory and anti-ulcer properties of *Helianthemum lippii*." *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **2**(2): 86-96.
- **Allen, H. D. (2009).** "Vegetation and ecosystem dynamics." *The physical geography of the Mediterranean*: 203-227.
- **Alkadi, H., M. J. Khubeiz et R. Jbeily (2018).** "Colchicine: a review on chemical structure and clinical usage." *Infectious Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Infectious Disorders)* **18**(2): 105-121.
- **Alzetrini, A. A., S. A. Mohamed, S. J. Alsabri, A. A. Elkilany, F. M. Sherif et A. M. Gbaj (2009).** "*Helianthemum virgatum* has analgesic-like effect in mice." *LIBYAN JOURNAL OF MEDICAL RESEARCH*: 14.
- **Amina, H., H. Lamia, H. Mohsen, H. Foued, M. Gtari et N. Mohamed (2012).** "In vitro micropropagation of *Helianthemum lippii* L. var *Sessiliflorum* (Cistaceae): a valuable pastoral plant."
- **Amine, D., B. Mohamed, H. Zoubida, I. Jamal and N. Laila (2017).** "Activité antifongique des extraits aqueux de *Calendula officinalis* L, *Urginea maritima* (L.) Baker et *Chenopodium ambrosioides* L." *European Scientific Journal* **13**(24): 483-497.
- **Atef, C., F. Anouar, A. El-Hadda et C. Azzedine (2015).** "Phytochemicals study, antioxidant and antimicrobial activities of *Helianthemum lippii* (L.) pers. in different

stages of growth (somatic, flowering and fruiting)." World J Pharm Pharm Sci **4**:338-349.

- **Almi, H (2016)**. Etude des myco-pathogènes de *Lens culinaris* et évaluation de l'effet de deux souches de *Trichoderma harzianum*: cas de la Fusariose et de la Cylindrosporiose. Thèse de doctorat, Option : Bioprocédés et Biotechnologies, Applications Mycologique. Université Frères Mentouri Constantine 1. 117 Pages.
- **AIOUNE, H (2018)**, Isolement des souches d'Actinomycètes à partir du sol inondé, Développant une activité antagoniste, in vitro et in vivo, vis-à-vis des agents responsables de la Fusariose racinaire de blé dur, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme.
- **Abed, H (2017)**, Dépistage et utilisation de rhizobactéries antagonistes (*Pseudomonas* et *Bacillus*) dans la lutte biologique contre la fusariose du pois chiche induite par *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*. Thèse de doctorat 3 eme, cycle, filière ; Biologie, Microbiologie .université Ferhat Abbas, Sétif 1. 149 pages.

B

- **Babadoost, M. (2018)**. "Fusarium: Historical and continued importance." *Fusarium—Plant Diseases, Pathogen Diversity, Genetic Diversity, Resistance and Molecular Markers*: 13-24.
- **Babenko, L., O. Smirnov, K. Romanenko, O. Trunova et I. Kosakivska (2019)**. "Phenolic compounds in plants: Biogenesis and functions." *Ukr. Biochem. J* **91**(3): 5-18.
- **Badis, A. et B. Anis (2021)**. Evaluation in vivo de l'effet antagoniste de *Trichoderma* vis-à-vis de l'agent pathogène *Fusarium culmorum* sous des conditions environnementales contrôlées (en serre) MEMOIRE, Université Frères Mentouri Constantine 1.
- **Badria, F. A., M. H. Hetta, R. M. Sarhan et M. H. E. El-Din (2014)**. "Lethal effects of *Helianthemum lippii* (L.) on *Acanthamoeba castellanii* cysts in vitro." *The Korean journal of parasitology* **52**(3): 243.
- **Battandier, J. A. et L. Trabut (1888)**. "Flore de l'Algérie [...] Dicotylédones."

- **Beckman, C. H. et E. M. Roberts (1995).** On the nature and genetic basis for resistance and tolerance to fungal wilt diseases of plants. *Advances in botanical research*, Elsevier. **21** : 35-77.
- **Bensaber, S. M., I. A. Mrema, M. I. Jaeda et A. M. Gbaj (2014).** "Cytotoxic activity of *Helianthemum lippii*." *Libyan Journal of Medical Research* **8**(2): 92-94.
- **Bouafia, W., A. Boumaiza et H. N. E. Bousenane (2007).** "Les métabolites secondaire des plantes et leurs intérêts dans le domaine de la microbiologie."
- **Brown, D. W. et R. H. Proctor (2013).** "Fusarium." *Genomics, Molecular and Cellular Biology*, Norfolk, UK.
- **Bouzerouta, A (2017).** Application de *Bacillus spp* mésophiles dans la lutte biologique, Mémoire de master, Option : Microbiologie Appliquée, Université Abou-Bakr Belkaid Tlemcen. 38 pages.

C

- **Caron, D. (2000).** "Fusarioses des épis. Sait-on prévoir leur développement?" *Perspectives Agricoles (France)*.
- **Campos-Vega, R. et B. D. Oomah (2013).** "Chemistry and classification of phytochemicals." *Handbook of plant food phytochemicals*: 5-48.
- **Chaouche, T. M. (2014).** "Contribution à l'étude des activités biologiques des métabolites secondaires de quelques plantes médicinales."
- **Clémentine, K.-K. A., K. Y. Mesmin, D. T. B. F. Honora ETT. Kablan** "Activité Antifongique In Vitro des Extraits de Cinq Plantes Locales sur *Colletotrichum Higginsianum*, *Fusarium Oxysporum* et *Rhizopus Stolonifer*, Agents Pathogènes de la Papaye (*Carica Papaya* L.) et de la Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.)."

D

- **Develoux, M. et S. Bretagne (2005).** "Candidoses et levures diverses." *EMC-Maladies infectieuses* **2**(3): 119-139.
- **Develoux, M., M. T. Dieng, A. Kane et B. Ndiaye (2003).** "Prise en charge des mycétomes en Afrique de l'Ouest." *Bulletin de la Société de pathologie exotique* **96**(5): 376-382

- **Djama, S. et T. Karour (2020).** "Les alcaloïdes: classification, extraction, criblage et activités biologiques."
- **Djemam, N., S. Lassed, F. Gül, M. Altun, M. Monteiro, D. Menezes-Pinto, S. Benayache, F. Benayache, D. Zama, I. Demirtas et M. Morato (2020).** "Characterization of ethyl acetate and n-butanol extracts of *Cymbopogon schoenanthus* and *Helianthemum lippii* and their effect on the smooth muscle of the rat distal colon." *J Ethnopharmacol* **252** : 112613.
- **Djelailia Sabrina, M. K. M. A. (2023).** "Étude de la néphrotoxicité d'un pesticide (fongicide) chez les rats wistar."
- **Dupont.B (2002).** "Maladies infectieuses." Elsevier Masson Consulte **8-607-A-15**(paris france): 5.

E

- **Elhouiti, F. (2018).** "Valorisation des huiles essentielles de *Rhanterium adpressum* Goss. & Durieu par analyse chimique et étude de leurs bioactivités."
- **Elshafie, H. S., I. Camele et A. A. Mohamed (2023).** "A Comprehensive Review on the Biological, Agricultural and Pharmaceutical Properties of Secondary Metabolites Based-Plant Origin." *Int J Mol Sci* **24**(4).

F

- **Facchini, P. J. (2001).** "Alkaloid biosynthesis in plants: biochemistry, cell biology, molecular regulation, and metabolic engineering applications." *Annual review of plant biology* **52**(1): 29-66.
- **Ferandis, P., J. M.herranaz et J. J.Martinez-sanchez (1999).** "effet of fire on hard-coated cistaceae seed banks and its influence on technique for quantifying seed banks." *Plant ecology* **144**(1): 103-144.
- **Fletcher, J., C. Bender, B. Budowle, W. T. Cobb, S. E. Gold, C. A. Ishimaru, D. Luster, U. Melcher, R. Murch et H. Scherm (2006).** "Plant pathogen forensics: capabilities, needs, and recommendations." *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **70**(2): 450-471.

- **Fonseca-Guerra, I. R., J. C. Chiquillo-Pompeyo, M. E. Benavides Rozo et J. F. Díaz Ovalle (2022).** "Fusarium spp. associated with Chenopodium quinoa crops in Colombia." *Scientific Reports* 12(1): 20841.

H

- **Heit, S. (2015).** "Identification de Fusarium et détection des mycotoxines associées par MALDI-TOF."
- **Hajji, H. (2016).** "Evaluation in vitro de l'activité antifongique de quatre plantes médicinales marocaines sur cinq champignons phytopathogènes." *Revue Marocaine de Protection des Plantes*(10).
- **Hammoudi, R. (2015).** "Activités biologiques de quelques métabolites secondaires extraits de quelques plantes médicinales du Sahara méridional algérien."
- **Hamel,A(2016).**Étude de l'antagonisme de Trichoderma sp vis-à-vis le Fusarium sp agent de la fusariose du blé en Algérie, Mémoire Master 2 Académique, Filière : Sciences agronomiques, Spécialité : Moyen de lutte et biorégulateur. Université Mohamed Bougera - Boumerdes.75 pages.

I

- **Ireta Moreno, J. et L. Gilchrist (1994).** Fusarium head scab of wheat (*Fusarium graminearum* Schwabe), CIMMYT.

K

- **Korinek, M., Y. C. Loo, Y.-B. Cheng, M. El-Shazly, A. K. Osman, T. Raviraj, C.-F. Hsieh, O. Mykhailenko, T.-L. Hwang et J.-T. Horng (2023).** "Anti-viral and anti-inflammatory activity of phenolics from *Helianthemum lippii*." *Planta Medica* **89**(14): P-412.
- **Krief, S. (2003).** "Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées."
- **Kubitzki, K. et C. Bayer (2003).** "The families and genera of vascular plants.Malvales, Capparales and non-betalain Caryophyllales,." *Cistaceae* **5**: 68.

L

- **Lattanzio, V. (2013).** "Phenolic compounds: introduction 50." Nat. Prod: 1543-1580.
- **Leplat, J., H. Friberg, M. Abid et C. Steinberg (2013).** "Survival of *Fusarium graminearum*, the causal agent of Fusarium head blight. A review." Agronomy for sustainable development **33**: 97-111.
- **Leslie, J. F. et B. A. Summerell (2008).** The *Fusarium* laboratory manual, John Wiley & Sons.
- **Lofgren, L. A., N. R. LeBlanc, A. K. Certano, J. Nachtigall, K. M. LaBine, J. Riddle, K. Broz, Y. Dong, B. Bethan et C. W. Kafer (2018).** "*Fusarium graminearum*: pathogen or endophyte of North American grasses?" New Phytologist **217**(3): 1203-1212.
- **Lotfi, B .Nousseiba., C. et M. Djihene (2023).** Etude phytochimique et activités biologiques d'une plante.

M

- **Mabou, F. D. et I. B. N. Yossa (2021).** "TERPENES: Structural classification and biological activities." IOSR J. Pharm. Biol. Sci. e-ISSN **16**: 2319-7676.
- **Medjahdi, B. (2010).** "Réponse de la végétation du littoral oranais aux perturbations: cas des monts des Traras (Nordde Tlemcen." Algérie, 309p.
- **Meyer, J. Y. (2002).** "La lutte biologique contre les espèces Introduites envahissantes: solution miracle Ou méthode risquée." Fiche technique P **16**: 2002.
- **Magan, N. et M. Olsen (2004).** Mycotoxins in food: detection and control, Woodhead Publishing.
- **McGovern, R. J. (2015).** "Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*." Crop protection **73** : 78-92.
- **MAHDI, N (2011).**, Essai de lutte biologique contre la Fusariose vasculaire du Palmier Dattier (*Phoenixdactylifera L.*), MEMOIRE DE MAGISTER, SPÉCIALITE : Sciences Biologiques, OPTION : Phytopathologie. Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou.63P.

- **Macheix, J.-J., A. Fleuriet et C. Jay-Allemand (2005).** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, PPUR presses polytechniques.
- **Michel, B. (2010).** BOTANIQUE SYSTEMATIQUE ET APPLIQUEE DES PLANTES A FLEURS, LAVOISIER.
- **Moretti, A. N. (2009).** "Taxonomy of Fusarium genus: A continuous fight between lumpers and splitters." Zbornik Matice srpske za prirodne nauke(117): 7-13.
- **Mouffouk, S., C. Mouffouk, S. Mouffouk et H. Haba (2023).** "Medicinal, Pharmacological and Biochemical Progress on the Study of Genus Helianthemum: A Review." Current Chemical Biology **17**(3): 147-159.
- **Mouria B., Ouazzani-Touhami A. et Douira A. (2013).** Effet du compost de *Trichoderma harzianum* sur la suppression de la verticilliose de la tomate. Journal of Applied Biosciences, 70 : 5531–554.

N

- **Naika, S., J. v. Lidth de Jeude, M. d. Goffau, M. Hilmi et B. v. Dam (2005).** "La culture de la tomate: production, transformation et commercialisation." Agrodok.
- **Nelson, P. E., T. A. Toussoun et W. F. O. Marasas (1983).** species: An illustrated manual for identification, Pennsylvania State University Press University Park, Pennsylvania.

O

- **Ozenda, P. (1977).** "flore du sahara." CNRS: 349-350.
- **Ozenda, P. (1991).** "Flore et végétation du Sahara."

P

- **Plescia, F., F. Venturella, A. D'Anneo, V. Catania, M. L. Gargano, G. Polito, D. Schillaci, A. Palumbo Piccionello, M. Lauricella et G. Venturella (2022).** "Phytochemical-rich extracts of *Helianthemum lippii* possess antimicrobial, anticancer, and anti-biofilm activities." Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology **156**(6): 1314-1324.

- **Paul P.A, Lipps P.E, Hershman D.E, McMullen M, Draper M.A et Madden L.V (2008).** Efficacy of triazole-based fungicides for Fusarium head blight and deoxynivalenol control in wheat: A multivariate meta-analysis. *Phytopathology* 98: 999-1011.

Q

- **Quézel, P. et S. Santa (1963).** "Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales." CNRS tome 2 : 639-694.

R

- **Rehman, N. U., M. Shah, S. Ullah, M. Khan, A. Khan, O. Ullah, J. Hussain et A. Al-Harrasi (2022).** "Enzymes Inhibition and Antioxidant Potential of Medicinal Plants Growing in Oman." *Biomed Res Int* 2022 : 7880387.
- **Rivas-Martinez, S. (1979).** "Brutales y jarales de Europa occidental." *Lazaroa* 1: 1-5.
- **Rocher, F. (2004).** "Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes: évaluation de la systémie phloémienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateurs de réactions de défense."
- **Roy, A. (2017).** "A review on the alkaloids an important therapeutic compound from plants." *IJPB* 3(2): 1-9.
- **Rukhsana Bajwa, R. B., S. S. Sobiya Shafique, T. A. Tehmina Anjum et S. S. Shazia Shafique (2004).** "Antifungal activity of allelopathic plant extracts IV: growth response of *Drechslera hawaiiensis*, *Alternaria alternata* and *Fusarium moniliforme* to aqueous extract of *Parthenium hysterophorus*."

S

- **Salih, A. M. A., Z. S. Omran et K. N. Al-Ani (2019).** "Micropropagation of *Helianthemum lippii* L. var. *sessifolium*." *J. Biol. Life Sci* 10(1): 33-39.
- **Scherm, B., V. Balmas, F. Spanu, G. Pani, G. Delogu, M. Pasquali et Q. Migheli (2013).** "*Fusarium culmorum*: Causal agent of foot and root rot and head blight on wheat." *Molecular plant pathology* 14(4): 323-341.
- **Soro, D., M. W. Koné, D. Koné et K. Kamanzi (2012).** "Evaluation de l'activité antifongique par bioautographie de quelques plantes médicinales de Côte d'Ivoire"

contre deux formes spéciales de *Fusarium oxysporum*." *Agronomie Africaine* **24**(1): 19-28.

- **Samb, D., A. Sow, M. Diop, N. Mbaye, B. Mbow, M. Fofana, I. Ndiaye, E. Hadj, A. Fall et M. Diop (2022).** Composition chimique et activité antifongique d'extraits d'*Euphorbia hirta* L.
- **Smahi, A (2008).** Contrôle biologique de la fusariose vasculaire de la tomate causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *licopersici*. Thèse de Magister. Université d'Oran, Algérie. 127 Pages.

T

- **Tanase, C., S. Coșarcă et D.-L. Muntean (2019).** "A critical review of phenolic compounds extracted from the bark of woody vascular plants and their potential biological activity." *Molecules* **24**(6): 1182.
- **Tiwari, R. et C. S. Rana (2015).** "Plant secondary metabolites: a review." *International Journal of Engineering Research and General Science* **3**(5): 661-670.
- **Turgeman, T., J. Ben Asher, N. Roth-Bejerano, V. Kagan-Zur, Y. Kapulnik et Y. Sitrit (2011).** "Mycorrhizal association between the desert truffle *Terfezia boudieri* and *Helianthemum sessiliflorum* alters plant physiology and fitness to arid conditions." *Mycorrhiza* **21**: 623-630.
- **Turkington, T. K., A. Petran, T. Yonow et D. J. Kriticos (2014).** "*Fusarium graminearum*." *HarvestChoice Pest Geography*. St. Paul, MN: InSTePPHarvestChoice.

V

- **Vermerris, W. et R. Nicholson (2007).** *Phenolic compound biochemistry*, Springer Science & Business Media.

W

- **Wickens, G. E. (1998).** *Economic Plants, and Arid and Semi-Arid Lands of the World. Ecophysiology of Economic Plants in Arid and Semi-Arid Lands*. G. E. Wickens. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg: 1-3.

Y

- **Yang, L., K. S. Wen, X. Ruan, Y. X. Zhao, F. Wei et Q. Wang (2018).** "Response of Plant Secondary Metabolites to Environmental Factors." Molecules **23**(4).
- **Yayé, G. Y. (2013).** "Evaluation et essais d'optimisation de l'activité antifongique des extraits de Terminalia mantaly h. Perrier, sur la croissance in Vitro de Aspergillus fumigatus, candida albicans, cryptococcus neoformans et trichophyton mentagrophytes."

Z

- **Zahran, M. A. et A. J. Willis (2008).** The vegetation of Egypt, Springer Science & Business Media
- **Zaman, S., S. Padmesh et H. Tawfiq (2009).** "Effect of Pre-germination treatments on Seed Germination of Helianthemum lippii (L. Dum. Cours." Desert Plants **25**(2).
- **Zaynab, M., M. Fatima, S. Abbas, Y. Sharif, M. Umair, M. H. Zafar et K. Bahadar (2018).** "Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens." Microb Pathog **124**: 198-202.



Annexes

Annexe 1

Préparation de milieu de culture:

1. La gélose dextrosée à la pomme de terre « PDA »: (*Potato dextrose agar*)

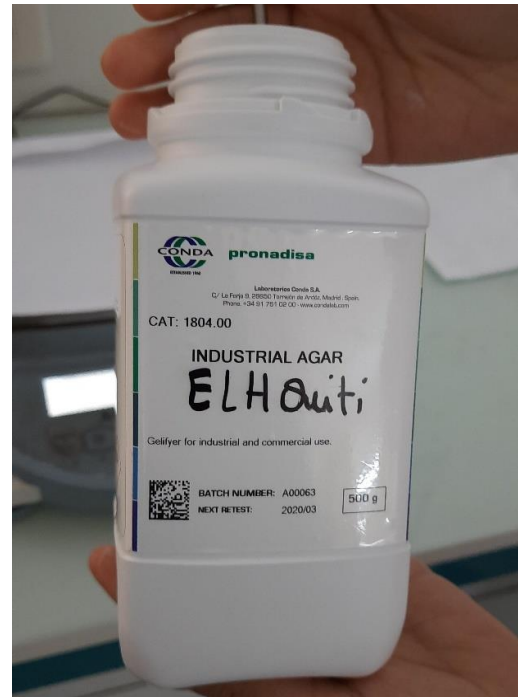
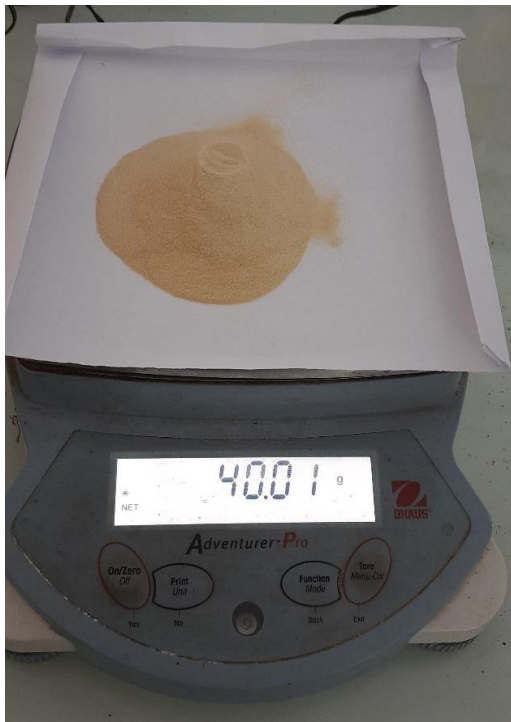
milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phyto - pathogène. Le protocole utilisé pour la préparation de milieu de culture pour la croissance des champignons :

constituants :

- 400g de Pomme de terre .
- 40g/l d'agar.
- 1L d'eau distillée.

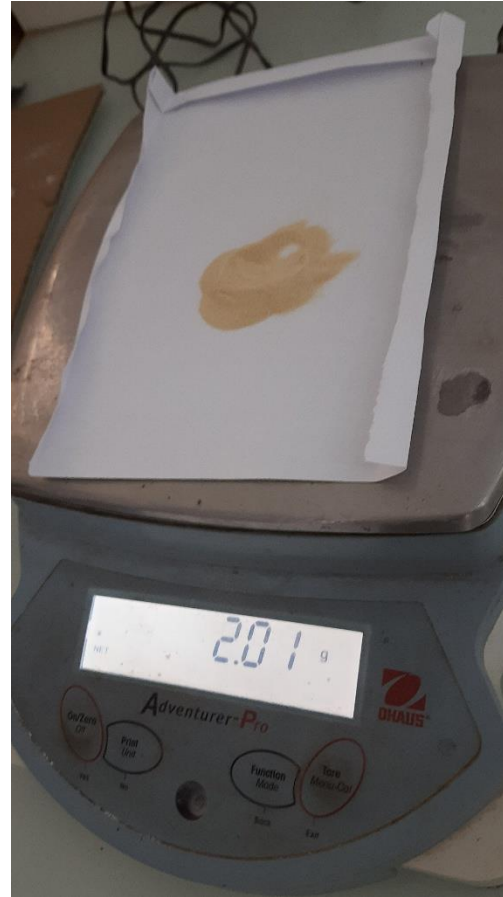
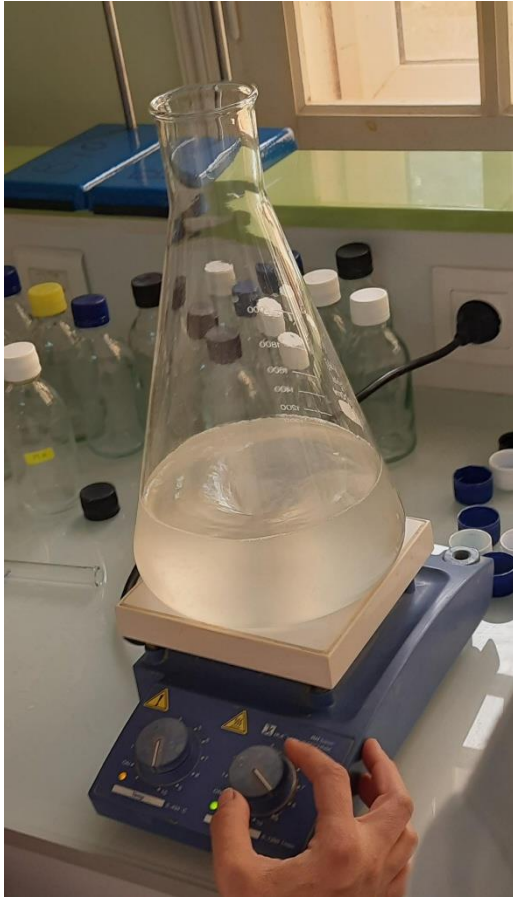
Préparation :

1. Dissoudre 40g d'agar-agar dans 500 ml d'eau distillée, homogénéiser la solution.
2. Peser 400g de pomme de terre et mélanger avec 1l d'eau distillée, bouillir à 100° C pendant 20 à 25 minutes.
3. Filtrer le mélange et mélanger avec 500 ml de la solution agar - agar.
4. Auto - claver le mélange .
5. Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue sur des boîtes de Pétri.
6. Laisser sécher.



. Solution d'Agar 0.02% :

- 2g Agar-agar.
- 1L Eau distillée



Annexe 2

Petit matériel :

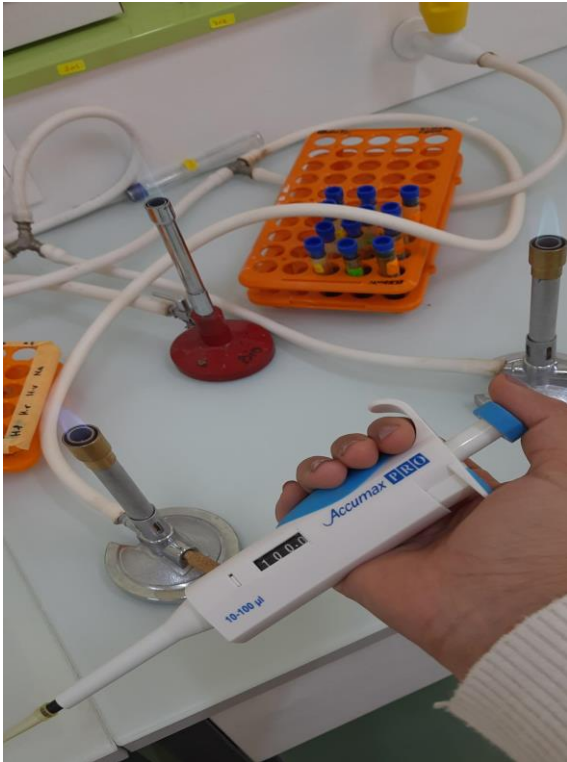
- Boîtes de Pétri
- Flacons
- Anse
- Pinces
- Tubes à essais
- Portoirs
- Pipettes Pasteur
- Éprouvettes graduée
- Spatule
- Barreaux magnétiques
- Seringue
- Bécher
- Erlenmeyer
- Pissette.

Annexe 3

Appareillage et grand matériel :

- Four Pasteur
- Étuve
- Bac bunsen
- Bain-marie
- Réfrigérateur
- Mélangeur votrex
- Micro-onde
- Balance
- Agitateur.



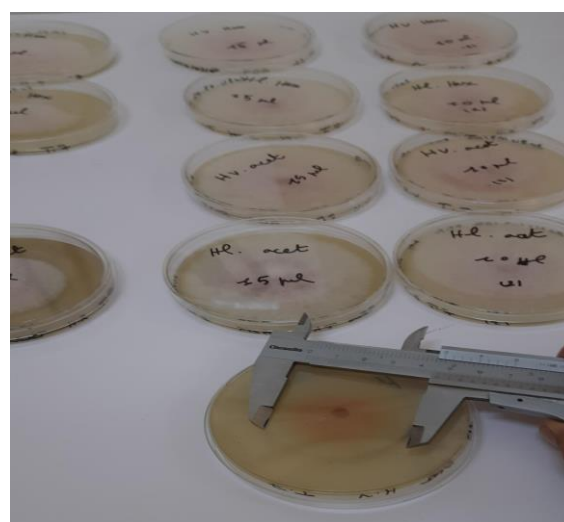
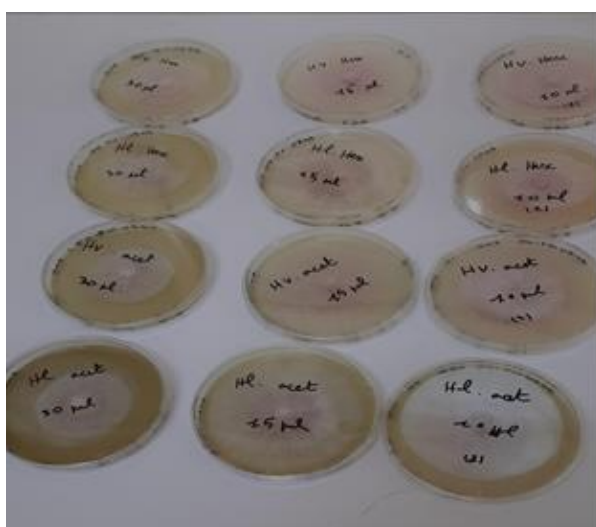


Les diamètres de la croissance :

Hv acétate (fop)					Hv hexane (fop)				
jours	Témoi -n	30 ug /ml	15ug/ ml	10ug/ ml	jours	Témoi -n	30µl/m l	15µl/m l	10µl/m l
3 j	27	24	28	27	3j	27	24	27	29
4j	39	32	38	37	4j	39	32	38	40
5j	56	49	53	54	5j	56	41	53	56
6j	70	51	65	64	6j	70	47	64	67
7j	80	60	76	79	7j	80	57	76	79

Hv acétate (T7)					Hv hexane (T7)				
jours	témoin	30µl/ ml	15µl/ ml	10µl/ ml	jours	témoin	30µl/ ml	15µl/ ml	10µl/ ml
3j	22	15	23	26	3j	22	17	23	25
4j	36	26	39	42	4j	36	31	40	43
5j	45	43	52	56	5j	45	40	54	60
6j	59	42	66	69	6j	59	53	71	73
7j	80	49	79	78	7j	80	60	80	80

Hv acétate (812)					Hv hexane (812)				
jours	témoin	30µl/ ml	15µl/ ml	10µl/ ml	jours	témoin	30µl/m l	15µ/ ml	10µl/m l
3j	71	53	61	59	3j	71	46	49	53
4j	76	65	73	70	4j	76	65	66	72
5j	78	69	75	72	5j	78	69	70	73
6j	79	70	77	74	6j	79	79	72	78
7j	80	74	79	76	7j	80	80	80	80



Les diamètres de la croissance :

HI acétate (fop)					HI hexane (Fop)				
jours	Témo i-n	30ug/ ml	15ug/ ml	10ug/ ml	jours	Témoi- n	30μl/ ml	15μl/ ml	10μl/ ml
3j	27	22	26	27	3j	27	22	26	27
4j	39	32	37	39	4j	39	32	38	37
5j	56	42	51	55	5j	56	43	54	54
6j	70	50	60	67	6j	70	52	63	67
7j	80	60	77	80	7j	80	53	77	79
HI acétate (T7)					HI hexane (T7)				
jours	témoin	30μl/ ml	15μl/ ml	10μl/ ml	jours	Témoi- n	30μl/ ml	15μl/ ml	10μl/ ml
3j	22	17	22	23	3j	22	17	24	27
4j	36	26	32	41	4j	36	27	39	42
5j	45	33	49	55	5j	45	46	51	56
6j	59	41	62	70	6j	59	45	66	67
7j	80	49	75	80	7j	80	54	75	79
HI acétate (812)					HI hexane (812)				
jours	témoin	30μl/ ml	15μl/ ml	10μl/ ml	jours	témoin	30μl/ ml	15μl/ ml	10μl/ ml
3j	71	49	49	67	3j	71	62	49	57
4j	76	57	69	72	4j	76	79	70	72
5j	78	59	67	74	5j	78	80	76	77
6j	79	60	70	79	6j	79	80	75	79
7j	80	64	73	80	7j	80	80	80	80

